

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа ИШНПТ

Направление подготовки Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Проектирование манипулятора подводного аппарата-робота</b>

УДК 629.58.001.63:621.865.8-2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Абызов Никита Олегович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Хаперская А.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю. М.	д.т.н		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

## Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	
<b>Профессиональные компетенции</b>		
P1	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении	
P2	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения	
P3	Способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать	
P5	Способность получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, уметь применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа	
<b>Общекультурные компетенции</b>		
P6	Способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства	
P7	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, для приобретения новых знаний и умений.	

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная Школа новых производственных технологий  
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»  
Отделение материаловедения школы (НОЦ)

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ61	Абызову Никите Олеговичу

Тема работы:

Проектирование манипулятора подводного аппарата-робота	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	20.03.2018, приказ №1973/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<p>Техническое задание:</p> <p>Требуется проводить манипуляцию объекта под водой, обладающего следующими характеристиками: форма объекта- цилиндр; диаметра 150 мм , длина 300мм; масса 5 кг; угол поворота 50°.</p>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<p>Литературный обзор</p> <p>Обзор и анализ имеющихся манипуляторов.</p> <p>Формулирование цели и задач исследования на основе выявленных особенностей и техническом задании.</p>

	<p>Конструкторская часть</p> <p>Проведение расчетно-аналитической работы по проектированию механизма манипулирования.</p> <p>Подготовка научно-обоснованных выводов, инженерных рекомендаций и общего заключения о проделанной работе.</p> <p>Технологическая часть</p> <p>Разработка технологического процесса изготовления детали «Стенка большая левая».</p> <p>Разработка технологии сборки руки манипулятора</p>
<b>Перечень графического материала</b>	Презентация в Microsoft PowerPoint
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хаперская А.В.
Социальная ответственность	Федорчук Ю.М.
Раздел ВКР на иностранном языке	Пичугова И.Л.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Литературный обзор на английском языке( Приложение А)	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Абызов Н.О.		

## Оглавление

Реферат .....	8
Введение.....	9
1. Литературный обзор .....	11
1.1. Манипулятор .....	11
1.2. Структура «скелета» руки манипулятора.....	14
1.3. Схват .....	17
1.4. Составные части схватов.....	20
1.5. Классификация схватов .....	23
1.6. Конструкция механических захватных устройств .....	26
Задачи исследования.....	29
2. Конструкторская часть .....	32
2.1. Выбор компоновочной схемы механизма манипулятора.....	32
2.2. Выбор захватного устройства.....	34
2.3. Профилирование губок захвата .....	35
2.4. Силовой расчет захвата .....	40
2.5. Характеристики привода .....	43
2.6. Разработка поворотного механизма .....	44
2.7. Обеспечение угла поворота .....	47
3. Технологическая часть .....	52
3.1. Разработка технологии изготовления детали «Стенка большая левая» .....	53
3.1.1. Анализ технологичности детали.....	54
3.1.2. Технологический процесс изготовления детали «Стенка большая левая» .....	54
3.1.3. Размерный анализ.....	55
3.1.4. Назначение режимов резания.....	56
3.1.4.1. Выбор оборудования и технологической оснастки.....	56
3.1.4.2 Режимы резания.....	56

3.1.3 Расчет норм времени.....	58
3.2. Технология сборки захвата .....	59
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	65
4.1. Введение.....	66
4.2. Предпроектный анализ. Потенциальные потребители результатов исследования .....	67
4.3. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	68
4.4. FAST – анализ.....	69
4.5. SWOT-анализ.....	74
4.6. Инициация проекта .....	76
4.7. Цели и результат проекта.....	77
4.8. Организационная структура проекта .....	77
4.9. Ограничения и допущения проекта. ....	78
4.10. План проекта.....	78
4.11. Бюджет научного исследования .....	81
4.12. Накладные расходы.....	84
4.13. Общие итоги финансирования и расходов.....	85
4.13. Матрица ответственности .....	85
4.14. Оценка экономической эффективности проекта.....	86
4.15. Оценка научно-технического уровня НИР.....	86
4.16. Реестр риска проектов .....	89
4.17. Оценка сравнительной эффективности исследования.....	90
5. Социальная ответственность .....	93
5.1. Введение.....	94
5.2. Производственная безопасность .....	94
5.3. Анализ выявленных вредных факторов .....	95

5.3.1. Повышенная или пониженная относительно нормативных требований температура, влажность и подвижность воздуха....	95
5.3.2. Повышенный уровень шума .....	96
5.3.3. Повышенный уровень вибраций.....	99
5.3.4. Недостаточная освещенность рабочей зоны .....	102
5.3.5. Эмоциональные нагрузки .....	107
5.4. Анализ выявленных опасных факторов .....	108
5.5. Электробезопасность .....	109
5.6. Пожарная безопасность .....	110
5.7. Охрана окружающей среды .....	113
5.8. Защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС) .....	114
5.9. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда .....	116
Список литературы .....	119
Приложение А .....	121

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 61 с., 28 рис., 15 табл., 25 источников.

Ключевые слова: манипулятор, подводный робот, проектирование.

Объектом исследования является: процесс проектирования манипулятора для подводного робота, способного выполнять поставленные задачи.

Цель работы – спроектировать конструкцию манипулятора, произвести все необходимые расчеты и составить документацию.

В процессе исследования решались следующие задачи: выбор наиболее эргономичной и экономически целесообразной конструкции руки манипулятора, способной захватывать и перемещать объекты под водой.

В результате исследования имеется готовая модель манипулятора и техническая документация для непосредственного производства.

Область применения: подводные работы способные производить манипуляцию объектов под водой.



## Введение

Вода занимает 70,8% площади всей земли, а именно более 361 миллионов квадратных километров []. Сам факт этого привлекает ученых к изучению, исследованию и нахождению практического применения особенностей гидросферы для жизни человека.

В настоящее время в мире проводится большой объем работ по исследованию морского и океанского дна, по обнаружению затонувших объектов и подъёму их, по контролю проложенных по дну трубопроводов. Количество этих трубопроводов неизменно растёт, разработка нефтяных месторождений в шельфовой зоне проводится всё активнее, поэтому контроль за общим состоянием сети является насущной проблемой, решение которой связано с проектированием новейших механических систем, способных перемещать под водой приборы для контроля состояния труб, обеспечивающих надёжную работу с достаточной точностью позиционирования.

Наиболее актуальные сферы применения подводного робота с манипулятором:

- 1) Обзорно-поисковые работы, включая поиск и обследование затонувших объектов, инспекцию подводных сооружений и коммуникаций (трубопроводов, водопроводов, кабелей);
- 2) Подледные работы, в том числе прокладка кабеля на арктическом дне, обслуживание систем наблюдения и освещения подледной обстановки;
- 3) Океанографические исследования, мониторинг водной среды;
- 4) Работы военного назначения, включающие, в частности, противолодочную разведку, патрулирование, обеспечение безопасности объектов военной техники, поиск и обезвреживание мин.

Тенденциями развития подводных роботов идет к использованию универсальных робототехнических комплексов, созданных с применением простых, малых и дешевых агрегатов. При этом манипулятор рассматривается как важнейшая составляющая часть подводного робота.

Подводные манипуляторы представляют часть обширного семейства промышленных роботов. Они устанавливаются на обитаемых и необитаемых подводных аппаратах, самоподъемных платформах, устьевом оборудовании морских скважин.

В совокупности манипулятора и подводного аппарата рождается понятие подводного Аппарата-робота. До 80% обитаемых подводных аппаратов и 50% необитаемых вооружены, как минимум, одним манипулятором, а значительная часть их числа имеет по два и больше манипуляторов.

В связи с проблемой автоматизации различных производственных процессов из-за труднодоступности и опасностей для человека решается задача автоматической ориентации (манипулирования) рабочего органа, изделия или инструмента. В полной мере это относится к целому ряду работ под водой, чем и объясняется широкое внедрение манипуляторов в подводную технику и подводные технологии.

# 1. Литературный обзор

## 1.1. Манипулятор

С позиций кинематики манипулятор – это пространственный механизм, звенья которого связаны вращательными или поступательными кинематическими парами, и каждая такая пара обеспечивает одну степень подвижности. Таких пар может быть неограниченное разумное множество в отличие от степеней свободы, число которых не более шести. Чем больше звеньев в манипуляторе, тем больше степеней подвижности.

В целом робот с позиций функционирования и управления – это управляемая машина с присущими ей свойствами:

- универсальностью применения* - способностью выполнять различные механические действия во времени и пространстве,

- адаптивностью к внешней среде* - способностью самостоятельно или по команде менять свое поведение при изменении состояния среды.

Первое свойство предполагает необходимость некоторой механической структуры с изменяемой геометрией звеньев (механизм имеет пространственный объемный характер).

Любая по конфигурации такая структура в виде разомкнутой кинематической цепи есть манипулятор.

*Манипулятор* – это устройство, предназначенное для имитации двигательных и рабочих функций руки человека, управляемое оператором или действующее автоматически, т.е. так или иначе способное адаптироваться к окружающей среде.

В структуре манипуляторного устройства присутствуют следующие элементы:

*-задающий орган* – средство, воспринимающее и анализирующее информацию об объекте манипулирования и состоянии окружающей среды, вырабатывающее сигнал на изменение положения активного исполнительного органа. Другими словами – система управления. В любом случае это орган – либо автомат, либо человек, вооруженный соответствующими техническими средствами и участвующий в телеметрическом режиме управления;

*-исполнительный орган* – функциональная часть манипуляторного устройства, предназначенная для выполнения команды, сформированной задающим органом. Это исполнительный механизм с его приводом;

*-связующий орган* – средство передачи сигналов управления и другой информации между задающим и исполнительным органами. Иначе, это система связи – кабель, аппаратура уплотнения линий связи, труба с рабочей жидкостью или иной передающей средой;

*-рабочий орган* – часть исполнительного органа, предназначенная для выполнения технологической операции. Он представляет устройство для захвата объекта манипулирования – обрабатываемого изделия или обрабатывающего инструмента. Это инструментальный комплекс. Если операция захвата выполняется относительным перемещением частей захвата, он называется схватом.

Часто элементы исполнительного органа называют по аналогии с человеческой рукой кистью, предплечьем, плечом, а движения вращательным или поступательным для каждого из звеньев кинематической цепи.

Приводы исполнительного органа – это силовые элементы-пневматические, гидравлические, электрические или их комбинации.

Основные составные части привода: усилитель мощности, исполнительный двигатель, передача. Кроме этих основных частей, имеются дополнительные элементы, реализующие внутренние обратные связи – тахогенераторы, датчики сил и моментов, корректирующие устройства.

При наличии внешних обратных связей (например, по положению) говорят о так называемых следящих приводах или следящих системах. Типичной следящей автоматической системой является система динамического позиционирования.

Различают две основные системы управления – позиционную и контурную.

В *позиционной* программируется только последовательность точек, в которых должен останавливаться рабочий орган, взаимодействующий с объектом работы, и порядок прохождения этих точек. Движение между ними происходит по случайным траекториям.

При малом числе точек позиционирования и остановок и закрепления в них рабочего органа с помощью упоров управление называют цикловым.

В *контурной системе управления* программируется и обеспечивается траектория движения любой заданной формы.

В роботах с позиционным или контурным управлением используются следящие приводы: для работы с цикловым управлением – разомкнутые приводы (т.е. выполняющие команду однажды и до упора, например, в виде конечных выключателей), для контурного - непрерывного действия.

Требования к приводам с их управлением сводятся к следующему:

- обладание необходимой мощностью и усилиями,
- обеспечение точности управляющего воздействия,
- обладание необходимыми кинематическими характеристиками.

## 1.2. Структура «скелета» руки манипулятора

От выбора структуры скелета зависит разнообразие возможных движений робота. Однако остается неясным, чем измерять это разнообразие и какие соображения положить в основу выбора.

Для произвольного манипулирования объектом в пространстве достаточно шесть степеней подвижности механизма. Поэтому скелет руки строится, как правило, из цепочки в 6 звеньев, последовательно соединенных друг с другом посредством шарниров. Последнее от основания звено несет захватное устройство – седьмую степень подвижности. Принято разделять движения робота на глобальные, региональные и локальные.

*Глобальные движения* – это перемещения на расстояния, превышающие размеры самого робота.

*Региональные движения* – это перемещение захвата робота в различные зоны рабочего пространства, определяемого размерами звеньев скелета руки.

К *локальным* относятся перемещения захватов, соизмеримые с его размерами, в частности ориентацию в малой зоне рабочего пространства, небольшие установочные перемещения и т.д.

Понятия о локальных и региональных движениях позволяет расчленить скелет руки робота на два кинематических участка, несущих различную функциональную нагрузку: кисть с захватом и собственно руку. Кинематика кисти определяет ориентирующие возможности робота, кинематика руки – конфигурацию и размеры рабочего пространства робота.

Возможные структурные кинематические схемы собственно руки приведены на рис. [2]. Они образованы сочетаниями трех пар пятого класса (Вращательных - В и поступательных - П) и обеспечивают региональные перемещения конечной точки разомкнутой цепи (эта точка является базовой для присоединения кисти с захватом) в пределах некоторого рабочего пространства,

очертания которого показаны тонкими линиями. Для каждого сочетания представлено несколько реализуемых схем, различающихся взаимным расположением осей кинематических пар, а именно разворотом каких-либо из пар на  $90^\circ$ .

Указаны названия моделей роботов, реализующих ту или иную структуру. Анализ приведенных структур позволил выявить условия взаимного расположения пар, обеспечивающие объемные движения конечной точки цепи, влияние соотношений длин звеньев и ограничений в шарнирах на конфигурацию рабочего пространства, наличие двужначности, позволяющей заносить схват в теневую сторону препятствий (на рис. , такие структуры отмечены звездочкой) и т.д.

Следует подчеркнуть, что не всякая структура разомкнутой цепи, содержащая три (или более) кинематические пары пятого класса, обеспечивает объемное движение конечной точки. Такое движение осуществляется механизмом, структурная схема которого удовлетворяет хотя бы одному из следующих условий:

- 1) имеются две вращательные пары, оси которых непараллельны;
- 2) имеются две вращательные пары с параллельными осями и поступательная пара, ось которой не перпендикулярна к осям вращательных пар;

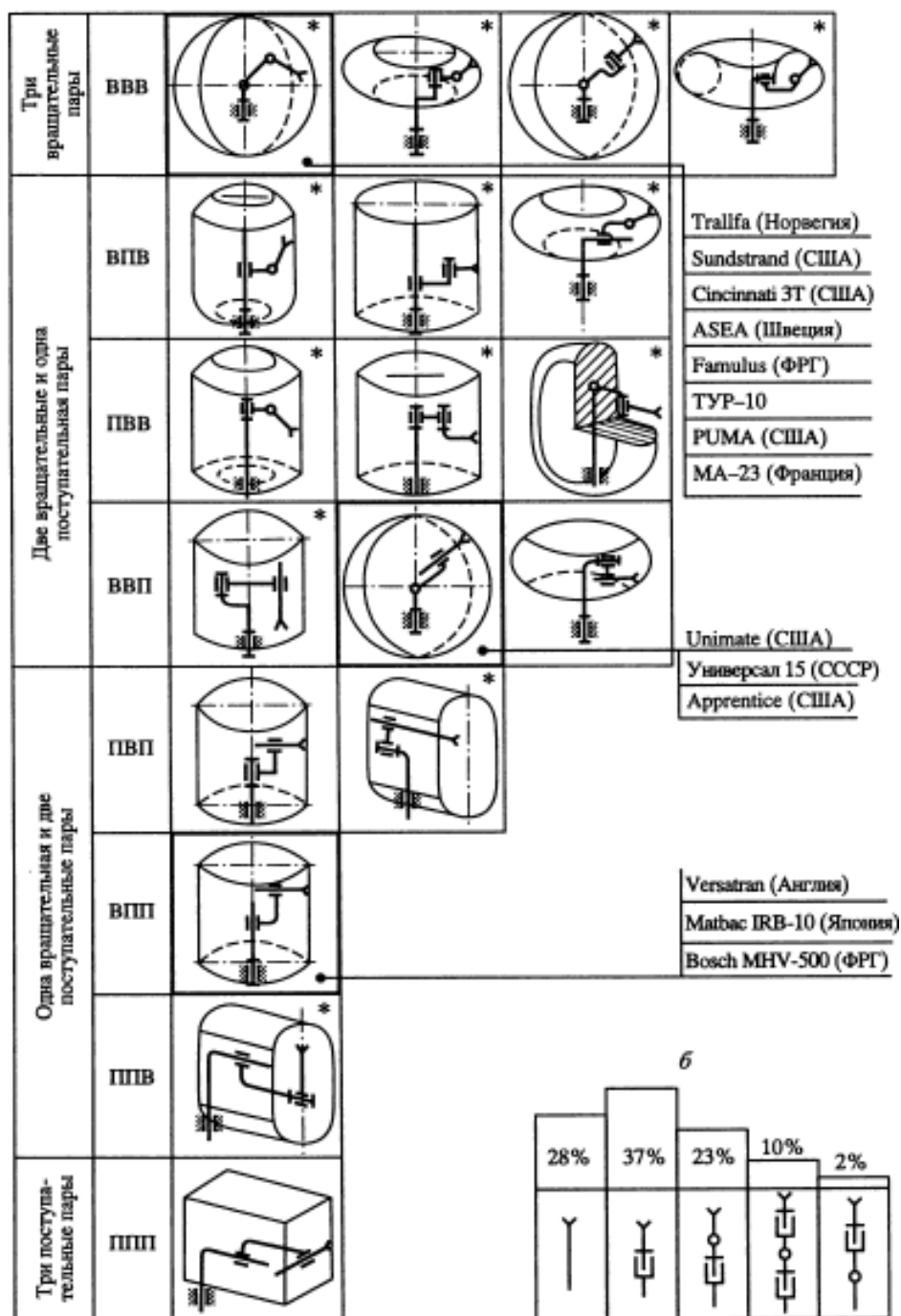


Рис 1 . Структурные кинематические схемы.

3) имеются две поступательные пары с непараллельными осями и вращательная пара, ось которой перпендикулярна к плоскости, образованной направлениями осей поступательных пар, или поступательная пара, ось которой не параллельна той же плоскости.



Исключение составляет механизм, имеющий только вращательные пары, оси которых пересекаются в одной точке. Невыполнение указанных условий исключает объемное движение и приводит к движению по поверхности.

### 1.3. Схват

Как утверждалось ранее подводные манипуляторы являются частью семейства промышленных роботов, далее ПР. Они имеют сходную классификацию, конструкцию захватных устройств и методику расчета.

*Захватным устройством ПР* называется его рабочий орган, предназначенный для захватывания и удерживания предмета производства (или) технологической оснастки, называемых объектом. ГОСТ 26063—84 устанавливает следующие типы захватных устройств ПР: механические, вакуумные, магнитные и прочие (рис. ). Для магнитных захватных устройств рабочими элементами являются элементы магнитной системы, к которым притягивается объект, для вакуумных контактирующая с объектом присоска, ограничивающая полость разряжения воздуха. Наряду с термином «рабочие элементы» в литературе употребляются антропоморфные термины: «губки», «пальцы», «челюсти» и др.

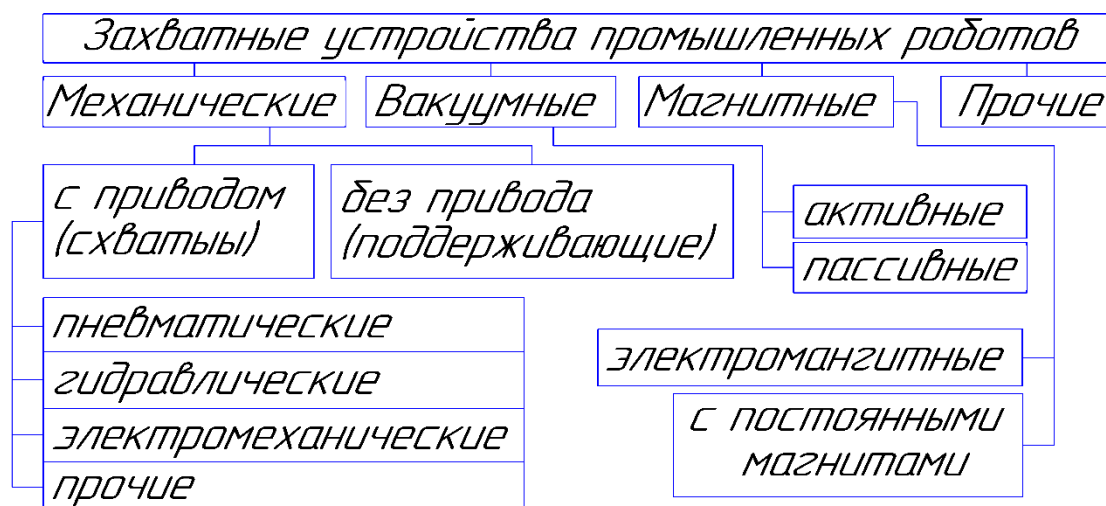


Рис 2. Захватные устройства промышленных роботов

*Механическими* называются захватные устройства, в которых удерживание объекта осуществляется под действием реакций в точках (зонах) контакта с рабочими элементами, создаваемых двигателем или собственным весом объекта. Механические захватные устройства разделяются на схваты и поддерживающие захватные устройства. Схватом называется механическое захватное устройство, представляющее собой механизм, удерживающий объект посредством зажима рабочими элементами при их перемещении двигателем. Поддерживающими называются механические захватные устройства, не имеющие подвижных звеньев и представляющие собой опоры, на которых объект удерживается под действием сил тяжести (ковши для захватывания, крюки, штыри, призматические опорные элементы, лопатки и пр.).

*Вакуумными* называются захватные устройства, удерживающие объект посредством разрежения воздуха в замкнутой полости рабочего элемента — присоски. Различают активные вакуумные захватные устройства, в которых разрежение воздуха создается принудительно с помощью вакуумных насосов или инжекционных устройств, и пассивные, - в которых разрежение воздуха создается за счет его вытеснения при деформировании рабочих элементов.

*Магнитными* называются захватные устройства, удерживающие объект при действии магнитных сил, создаваемых постоянным магнитом или электромагнитом.

По способу замены захватные устройства разделяются на заменяемые вручную и автоматически. Несменные захватные устройства, устанавливаемые с помощью неразъемных соединений, как правило, не используются. Узел крепления захватного устройства к руке манипулятора называется механическим интерфейсом.

Основными техническими характеристиками захватных устройств всех типов являются: номинальная грузоподъемность, усилие захватывания, предельно допустимые значения приложенных сил и моментов по осям системы координат захватного устройства, время захватывания и время отпускания, масса, габаритные размеры, показатели надежности.

*Усилие захватывания* в стандартах не определяется; обычно говорят, что это сила воздействия рабочих элементов на объект. В схватах усилие захватывания создается приводом, перемещающим рабочие элементы при захватывании вплоть до зажима ими объекта. В пружинных схватах усилие захватывания обеспечивается пружинами, удерживающими объект в положении равновесия.

*Временем захватывания* называется время от подачи сигнала устройством управления на захватывание до момента завершения процесса, когда объект занимает устойчивое положение равновесия в схвате, а усилие захватывания достигает своего установившегося значения. Временем отпускания называется время от подачи устройством управления сигнала на отпускание до момента завершения процесса. Для схватов под завершением процесса отпускания понимается высвобождение объекта и полное раскрытие схвата.

*Номинальной грузоподъемностью захватного устройства* называется наибольшее допустимое для данного захватного устройства значение массы захватываемых объектов. При оснащении таким захватным устройством ПР

конкретной модели реальная масса удерживаемого объекта не должна превосходить полезной грузоподъемности ПР, т. е. того наибольшего значения массы объекта, при котором гарантируются его захватывание, удерживание и обеспечение установленных значений эксплуатационных характеристик ПР.

*Предельно допустимыми значениями приложенных сил (моментов)* называются наибольшие значения центрально приложенной к объекту (в начале системы координат захватного устройства) силы (момента), при которых объект удерживается захватным устройством. Приложенные силы (моменты) создаются действующими на объект силами тяжести, инерции, силами взаимодействия с другими предметами и оснасткой. К приложенным силам не относятся усилие захватывания и реакции в точках контакта объекта с рабочими элементами. Как правило, захватные устройства предназначены для работы с одним объектом и выполняют только функции захватывания, удерживания и отпущения. В то же время применяются много объектные и многофункциональные захватные устройства.

Много объектными называются захватные устройства, предназначенные для захватывания и удерживания двух и более объектов.

Многофункциональными называются захватные устройства, переназначенные для выполнения наряду с основными функциями технологических операций и операций измерения.

#### 1.4. Составные части схватов

Сведения о функциональном назначении основных составных частей представлены в табл..

Таблица 1. Функциональное назначение составных частей схвата

Составные части схвата	Функциональное назначение составных частей
Соединительные элементы	Увеличение выноса схвата, его вертикальное или боковое смещение, изменение ориентации схвата, обеспечение возможности установки двух и большего числа схватов или схвата другого ПР.
Двигатели	Перемещение рабочих элементов, создание усилий захватывания.
Механизмы передачи	Преобразование вида движения, изменение его направления, передача движения к нескольким звеньям, получение требуемых передаточного числа и зависимости передаточного числа от раскрытия схвата.
Последние звенья механизмов	Задание требуемого положения и кинематики перемещений рабочих элементов, приспособление к габаритам захватываемых объектов.
Рабочие элементы	Обеспечение базирования и жесткого фиксирования предметов по заданным координатам; обеспечение контакта объекта по заданным точкам, линиям или поверхностям
Накладки (вставки)	Повышение несущей способности за счет увеличения коэффициента трения, уменьшение контактных напряжений за счет увеличения зон контакта, адаптация к изменениям формы поверхностей объекта

Подробный анализ схем и конструкций схватов показывает, что их большое разнообразие получается при сочетаниях не очень большого числа вариантов составных частей. Авторы предлагают разделять схваты на следующие составные части: соединительные элементы, двигатели (или источники создания перемещений и усилий), механизмы передачи усилий и преобразования движений, последние звенья механизмов, рабочие элементы, накладки или

вставки. В конкретных случаях некоторые из перечисленных составных частей могут или отсутствовать, или объединяться со смежными составными частями.

*Соединительные элементы* вставляются между соединительным узлом руки манипулятора и основанием схвата. Использование соединительных элементов позволяет изменять относительное положение и конфигурацию рабочей зоны манипулятора наиболее простыми средствами. Наличие наборов соединительных элементов позволяет оперативно подстраивать ПР по месту работы, избавляя от необходимости проектирования и изготовления таких элементов для конкретного рабочего места. Соединительные элементы могут быть нерегулируемыми и регулируемыми (пере закрепляемыми).

*Нерегулируемые соединительные элементы* имеют неизменную конфигурацию (см. табл. 1), при их применении положение основания схвата относительно руки манипулятора ПР вполне определено. Параметрами нерегулируемых соединительных элементов являются расстояния между плоскостями соединений, межосевые расстояния и углы между осями. Некоторые типы соединений, на пример, фланцевые по ГОСТ Р52127-2003 допускают закрепление схвата в нескольких положениях, повернутых друг относительно друга на 45 или 90°.

*Регулируемые соединительные элементы* состоят из двух или нескольких частей, которые могут соединяться и закрепляться в различных положениях заданного диапазона. При этом могут задаваться или линейные перемещения, или повороты (по одной или двум осям), или совместно и то и другое. Примеры регулируемых соединительных элементов изображены на рис. 3.

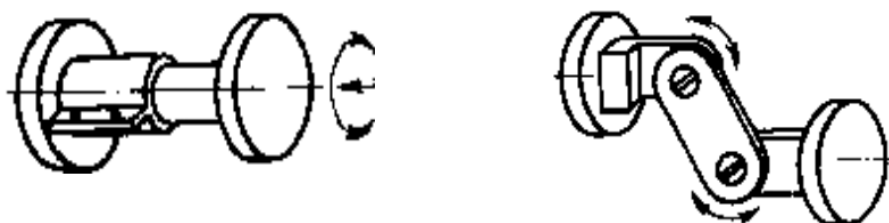


Рис.3. Регулируемые соединительные элементы

## 1.5. Классификация схватов

**По принципу действия ЗУ** можно разделить на три группы.

1. *Зажимные ЗУ* воздействуют на объект с помощью рабочих элементов - губок, пальцев, клещей и т.п. - и удерживают его за счет сил трения, возникающих при зажиме, или комбинации сил трения и запирающих усилий. Все зажимные ЗУ - активного типа.

Они подразделяются на механические – клещи, тиски, шарнирные пальцы – и ЗУ с эластичными рабочими элементами – камерами, деформирующимися под действием нагнетаемого внутрь сжатого воздуха или жидкости.

2. *Поддерживающие ЗУ* используют для удержания нижней поверхности объекта, выступающие части или имеющиеся в корпусе отверстия. Это различного рода крюки, петли, вилки, лопатки и захваты питателей, не зажимающие заготовок.

3. *Притяжные ЗУ* оказывают на объект силовое воздействие, используя различные физические эффекты. Наиболее распространены вакуумные и магнитные. Встречаются ЗУ, использующие электростатическое притяжение, адгезию, ЗУ с липкими накладками и т.п.

**По характеру базирования** объекта ЗУ делятся на пять групп.

1. ЗУ, *способные перебазировать объект*, могут изменять положение удерживаемой детали благодаря управляемым действиям рабочих элементов. Этим свойством обладают только антропоморфные ЗУ с управляемыми шарнирными пальцами.

2. *Центрирующие ЗУ* определяют положение оси или плоскости симметрии захватываемого объекта. Это, прежде всего механические ЗУ, оснащенные кинематически связанными рабочими элементами, имеющие губки в виде призм и т.п. В ряде случаев центрировать могут и ЗУ с эластичными камерами.

3. *Базирующие ЗУ* определяют положение базовой поверхности (-ей), что характерно для поддерживающих ЗУ, но часто используется и в зажимных ЗУ.

4. *Фиксирующие ЗУ* сохраняют положение объекта, которое тот имел в момент захватывания.

5. *ЗУ, не обеспечивающие базирования или фиксации объекта*, для оснащения ПР почти не применяются.

В зависимости от назначения ЗУ могут оснащаться дополнительными приспособлениями для выполнения ориентирующих перемещений. Иногда применяются ЗУ с приспособлениями для выполнения некоторых технологических операций.

По числу рабочих позиций ЗУ можно разделить на однопозиционные и многопозиционные. По характеру работы многопозиционные ЗУ в свою очередь делятся на три подгруппы: последовательного, параллельного и комбинированного действия. ЗУ последовательного действия - это, как правило, двухпозиционные устройства, имеющие загрузочную и разгрузочную позиции.

Рабочие элементы на каждой позиции действуют независимо. ЗУ параллельного действия имеют ряд позиций для одновременного захватывания или высвобождения группы деталей. ЗУ комбинированного действия оснащены группами параллельно работающих позиций, причем группы эти приводятся в действие независимо одна от другой.

**По виду управления ЗУ** подразделяются на четыре группы.

1. *Неуправляемые ЗУ* - устройства с постоянными магнитами, с вакуумными присосками без принудительного разряжения, и др., для снятия объекта с которых требуется большая сила, чем для удержания.

2. *Командные ЗУ* управляются только командами на захватывание или отпускание объекта. Это, в частности, ЗУ с пружинным приводом и стопорными



устройствами, срабатывающие через такт. Разжим и зажим губок происходит благодаря взаимодействию с объектом манипулирования или элементами внешнего оборудования.

3. *Жесткопрограммируемыми ЗУ* управляет система программного управления. Величина раскрытия или закрытия губок, взаимное расположение рабочих элементов, усилие зажима в таких ЗУ меняются в зависимости от заданий программы, которая может управлять и действием вспомогательных технологических приспособлений.

4. *Адаптивные ЗУ* - программируемые устройства, оснащенные различными датчиками внешней информации, определяющими форму поверхности и массу объекта, усилие зажима, проскальзывание объекта относительно рабочих элементов ЗУ и т.п.

**По характеру крепления к руке ПР** все ЗУ можно разделить на четыре группы.

1. *Несменяемые ЗУ* - неотъемлемая часть конструкции робота. Замена таких ЗУ не предусматривается.

2. *Сменные ЗУ* - самостоятельные узлы с базовыми поверхностями для крепления к роботу, не рассчитанные на быструю замену, например, установленные на фланце с помощью нескольких винтов.

3. *Быстросменные ЗУ* - сменные узлы с конструкцией базовых поверхностей для крепления к роботу, обеспечивающей быструю смену.

4. *ЗУ, пригодные для автоматической смены*, - устройства, конструкция базовых поверхностей которых обеспечивает возможность автоматического закрепления на работе.

## 1.6. Конструкция механических захватных устройств

Командные ЗУ со стопорными механизмами - автономные устройства с чередованием циклов зажима и разжима деталей, не требующие специальных команд от системы управления и подвода энергии. Деталь удерживается пружинами за счет эффекта самозатягивания или запирающего действия губок. Как правило, подобные ЗУ могут работать только при вертикальном расположении.

На рис. 4, а представлена схема ЗУ для схватывания валов или фланцев за наружную поверхность. Устройство представляет собой корпус 7, на котором закреплена направляющая 5, несущая запирающую планку 4. По направляющей 5 скользит головка 3, в которой шарнирно закреплены губки 1. В рабочем положении ЗУ запирающая планка 4 входит между верхними концами губок 1, препятствуя их раскрытию.

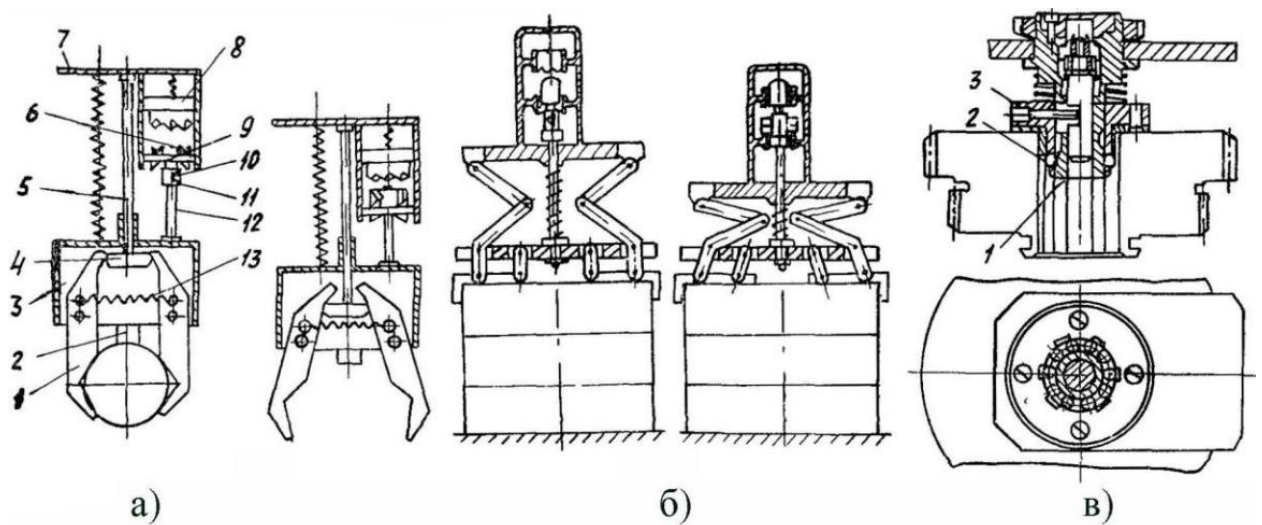


Рис.4. Схемы устройств для захватывания валов или фланцев за наружную поверхность

При укладке изделия в разгрузочную позицию ЗУ перемещается вниз. После контакта изделия с позицией головка закрепленным в ней упором 2 упирается в изделие и останавливается, а корпус 7 продолжает опускаться. При этом

планка 4 также опускается и освобождает губки 1, которые под действием пружины 13 расходятся, освобождая изделие.

Одновременно срабатывает стопорное устройство. Оно состоит из свободно вращающейся защелки 11, помещенной на оси 12, нижней втулки 9, закрепленной на корпусе 7, и верхней втулки 8. Эта втулка имеет снизу храповые зубцы, а нижняя 9 имеет зубцы снизу и сверху и, кроме того, снабжена прорезью 6 по форме защелки 11. У защелки по сторонам есть треугольные выступы 10, смещенные относительно храповых зубцов. При сближении корпуса 7 и головки 3 защелка входит в зацепление с верхними храповыми зубцами и поворачивается на  $45^\circ$ . После того как корпус и головка расходятся, защелка входит в зацепление с верхними храповыми зубцами втулки 9, поворачивается еще на  $45^\circ$  и ее выступы 10 оказываются смещенными на

$90^\circ$  относительно прорезей втулки 9. Защелка будет удерживаться втулкой.

Губки захватов при этом окажутся раскрытыми, как это показано на рис. 1, а справа.

Чтобы зажать изделие, надо еще раз сблизить корпус и головку. При этом защелка опять войдет в зацепление с храповыми зубцами верхней втулки и повернется на  $45^\circ$ . Когда корпус и головка станут расходиться, защелка войдет в зацепление с храповыми зубцами верхней втулки, повернется еще на  $45^\circ$  и её выступы 10 попадут в прорези втулки. Одновременно запирающая планка 4 перемещается между верхними концами губок 1, и изделие захватывается.

На рис. 4, б представлено тактовое пружинное ЗУ конструкции ЭНИМС, обеспечивающее взятие деталей типа фланцев, зубчатых колес и втулок из стопы. Принцип действия аналогичен описанному выше (см. рис. 4, а). Устройство состоит из двух пластин, верхняя крепится к руке ПР, нижняя подвешена на рычагах. Когда пластины раздвигаются, рычаги поворачиваются, сводя зажимные губки, закрепленные на шарнирных параллелограммах. Пру-

жины, помещенные между пластинами, обеспечивают предварительное усилие сжатия губок, захватывание осуществляется по принципу самозатягивания. В стакане, соосном одной из пружин, расположен запирающий механизм, срабатывающий при сближении пластин через такт. Поскольку зажим, детали происходит при контакте с ней, такое ЗУ не требует программирования перемещений по вертикали для разбора деталей из стопы.

Пружинные тактовые ЗУ применяются для работы с деталями типа тел вращения массой до 30 кг в условиях массового производства.

Аналогичное устройство для захватывания деталей за отверстие показано на рис. 4, в. Это ЗУ является узко диапазонным с диаметром захватываемых объектов порядка 1,5 мм. Устройство состоит из фиксирующей и захватной частей. Фиксирующая часть служит для удержания захвата в свободном состоянии. Захватная часть представляет собой конус 1 с шариками 2, расположенными по окружности в обойме 3. Угол конуса должен быть меньше угла трения между шариками и деталью (рекомендуется  $5^{\circ}$  -  $6^{\circ}$ ). В остальном устройство захвата и принцип его работы аналогичны описанным выше (см. рис. 1, а, б).

Командные ЗУ с рычажным передаточным механизмом - чаще всего устройства клещевого типа. Движение губок обеспечивается пневматическим, гидравлическим или электромеханическим приводом. Преимущества пневматического привода - простота, удобство подвода энергии (один шланг), отсутствие течи, легкость регулирования усилия зажима, возможность использования в агрессивных средах и зонах высоких температур. Недостаток - большие габариты при сравнительно малых усилиях зажима. Гидравлический привод обеспечивает большие усилия зажима при малых габаритах, что в сочетании со способностью к регулированию предопределяет его широкое применение. Наиболее ограниченное использование вследствие сравнительной сложности имеет электромеханический привод.

## Задачи исследования

Главной задачей магистерской работы является создание прототипа руки манипулятора для подводного аппарата, модель которого представлена на рисунке. Несущая конструкция робота выполнена в виде герметичной сварной конструкции из алюминиевой профильной трубы (Труба 2024.ПР. 400x500x1,5x3000 ГОСТ 18475-82). Перемещения осуществляется при помощи шести движителей, технические характеристики представлены в табл. . Четыре из них располагаются по внутренней части каркаса и отвечают за погружение и управление в горизонтальной плоскости. Оставшиеся два дают возможность к маневрированию, выполняют функции поворота и движения вперед-назад, расположены на периферии контракции.

Таблица 2. Технические характеристики робота

Габаритные размеры	720x500x400 мм
Масса (каркас + движители)	10 кг
Грузоподъемность	20 кг
Максимальный глубина погружения	20 м
Число движителей	6
Материал каркаса	Сплав АД31Т
Тяга движителя	50 Н
Способ управления	телеуправляемый

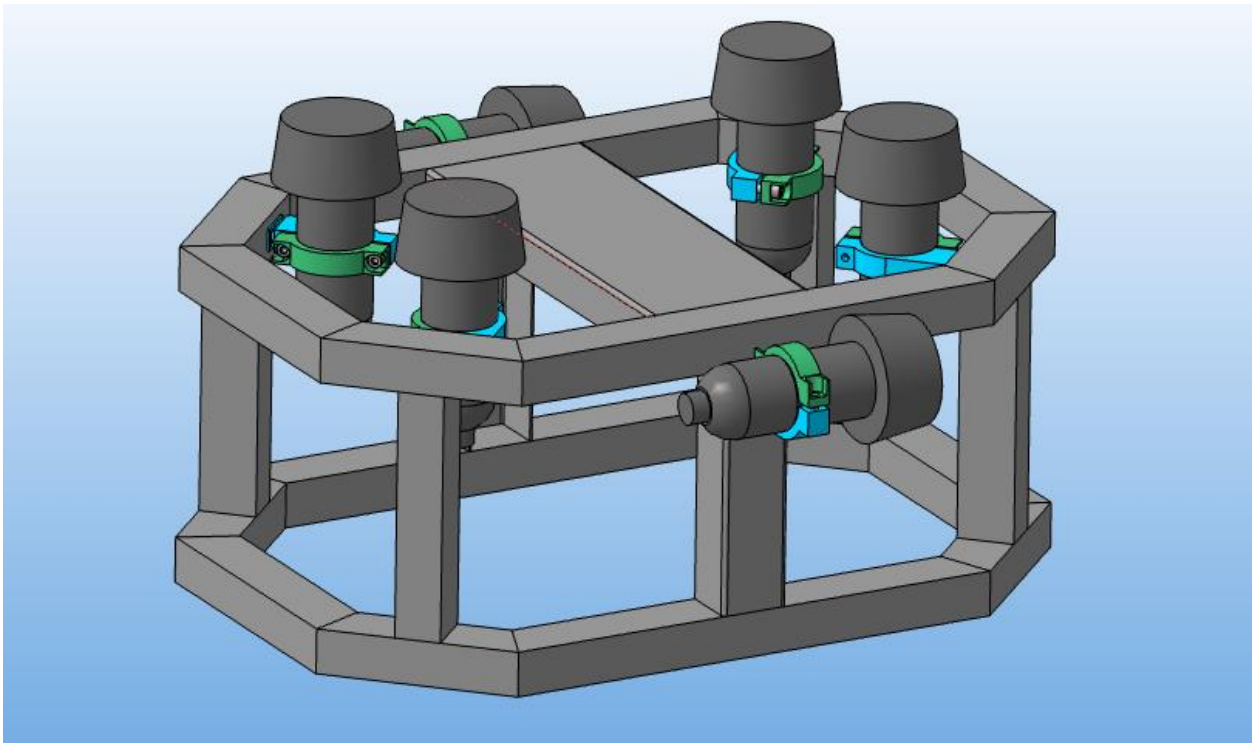


Рис 5. Модель каркаса подводного аппарата.

Основные задачи:

1. Манипулятор должен поднимать цилиндрические объекты (рис.) массой не более 5-ти килограмм, диаметром до 150 мм и длиной не более 300 мм.
2. Так же необходимым условием является обеспечить поворот руки в вертикальной плоскости на  $\alpha = 140^\circ$ .
3. Произвести, необходимые для проектирования, расчеты.
4. Разработать конструкцию манипулятора.
5. Выбрать приводы для манипулятора.
6. Разработать технологию серийного производства профилированной стенки схвата, «Стенка большая левая».
7. Разработать технологию сборки руки манипулятора.

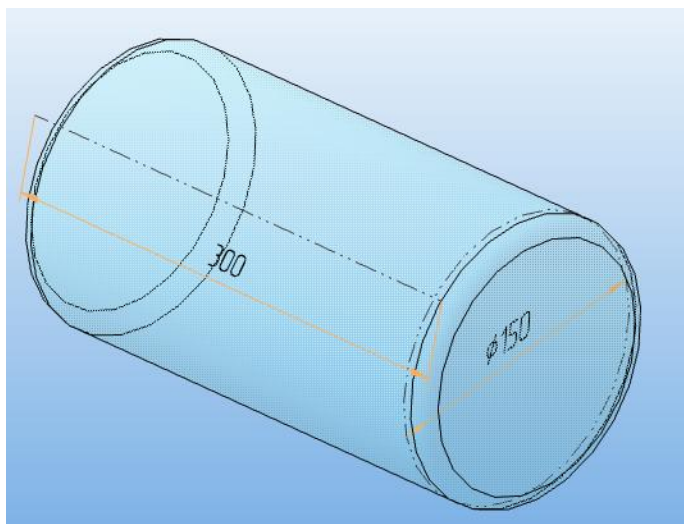


Рис 6. Объект манипуляции и его габаритные размеры.

После создания модели манипулятора в среде САПР следует произвести расчет ее прочностных характеристик. В результате анализа, внести необходимые изменения в конструктив.

Конечным этапом проектирования, является составление технической документации, включающей в себя технологический процесс изготовления отдельных деталей конструкции руки манипулятора. А также выполнения раздела экономической и социальной ответственности.

## 2. Конструкторская часть

Проектирование предусматривает рассмотрение следующих технических требований к конструкции:

Функциональные:

- вид и расположение степеней подвижности;
- размер и форма рабочей зоны;
- диапазоны возможных усилий в рабочих органах;

Конструктивные:

- способ установки манипуляторного устройства;
- материалы;
- массовые и габаритные характеристики;
- тип источников питания и проводов;

Эксплуатационные

- параметры среды;

### 2.1. Выбор компоновочной схемы механизма манипулятора

На этом этапе выбирается количество, вид и взаимное расположение степеней подвижности манипулятора. Так же рассматриваются эксплуатационные характеристики, такие как: форма, расположение и размеры рабочей зоны. Рабочая зона характеризует досягаемость роботом тех или иных пространств.

Исходя из технического задания необходима конструкция, содержащая одну степени подвижности манипулятора, для осуществления поворота в вертикальной плоскости. Для простоты и удешевления конструкции, вращательное движение будет реализовано при помощи преобразования поступательного движения, шарнирным механизмом, схема которого представлена на рис.



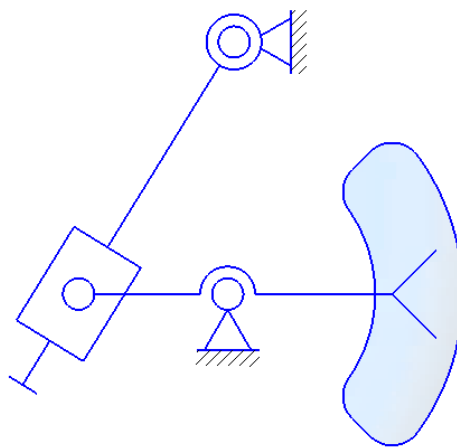


Рис 7. Кинематическая схема поворота манипулятора в вертикальной плоскости

Причем вращательная степень подвижности соединена с неподвижным корпусом робота и будет расположена на фронтальной части.

В качестве привода поступательного движения примем многопозиционный пневмоцилиндр двухстороннего действия, с соответствующим усилием (полученными в ходе силового расчета).

Рассмотрим достоинства и недостатки выбранного типа привода [].

Достоинства:

- отсутствие необходимости возвращать рабочее тело (воздух) назад к компрессору, следовательно, уменьшение поступающих к роботу шлангов;
- меньший вес по сравнению с альтернативными приводами;
- простота конструкции (малое число подвижных частей при большой нагрузочной способности и высокой скорости), что ведет к дешевизне конечного изделия;
- КПД малочувствительно к утечкам рабочего газа;
- малые ремонтные затраты;
- легкость регулирования усилия.

Недостатки:

- перепады температур рабочего газа могут привести к появлению водяного пара и дальнейшего промерзания системы;

- низкая плавность хода;
- необходимость дополнительного пространства на управляемом судне для пневматической станции, и подвод дополнительного кабеля на робота (что увеличит сопротивление в воде).

## 2.2. Выбор захватного устройства

Захватные устройства (рука) необходимы для захватывания и удержания объекта манипулирования (ОМ). К ним предъявляются следующие требования: сохранение положения ОМ при дальнейшей работе робота, приспособление к изменениям формы и размеров ОМ (в данном случае длины и диаметра), быстродействие, долговечность, надежность, возможная компактность, простота конструкции.

Для удержания ОМ будет задействован классический принцип, основанный на использовании силы трения путем создания уникальной формы схватов.

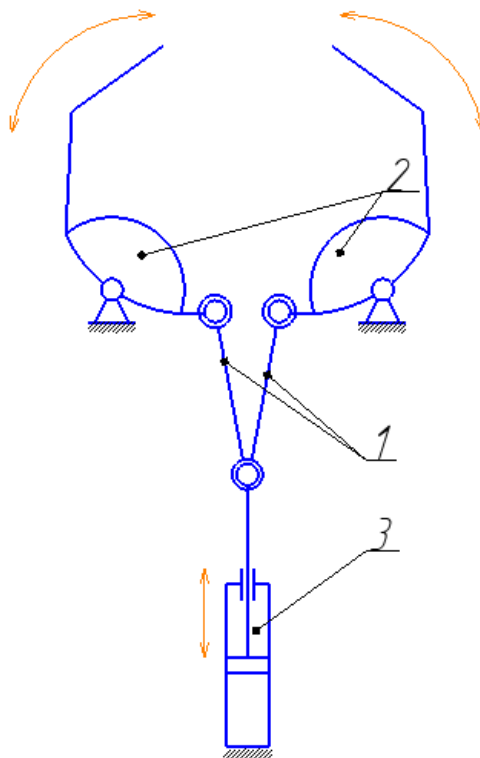


Рис 8. Кинематическая схема захвата

При движении штока пневмоцилиндра (3) вниз, происходит вращательно-поступательное движение шарниров (1). Что приводит к вращению захватов (2) и «захвату» объекта манипулирования.

### 2.3. Профилирование губок захвата

Построение профиля поворотных губок, центрирующих клещевых хватных устройств для деталей типа тел вращения. К механическим ЗУ клещевого типа, предназначенным для манипулирования ступенчатыми валами и фланцами, часто предъявляются требования обеспечения центрирования деталей при изменении их диаметров. Губки должны быть профилированы так, чтобы обеспечивать в определенном диапазоне центрирование поверхности ОМ различного диаметра. Верхние части губок делают одинаковой ширины, а нижние срезают так, чтобы они заходили одна за другую (рис.). Это позволяет надежно центрировать вал даже в том случае, когда в зоне действия губок оказывается объект с перепадом диаметров.

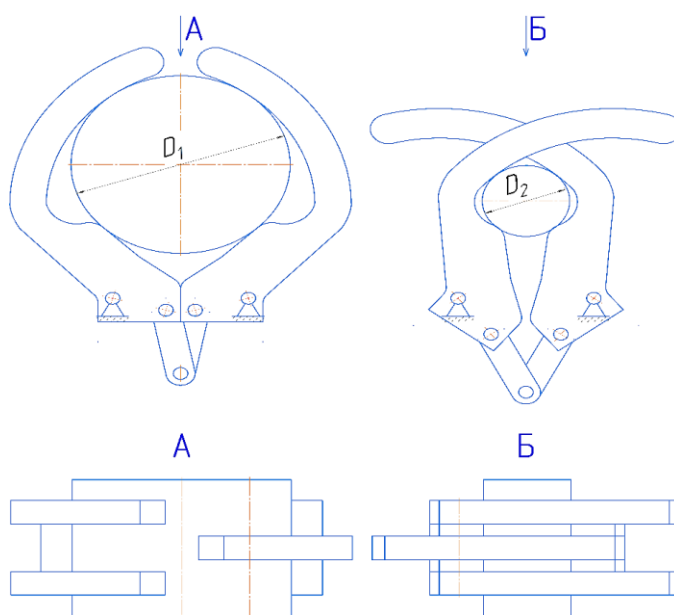


Рис 9. Схема захода губок друг в друга

Для точного центрирования заготовки профиль губок аппроксимируется дугами окружности.

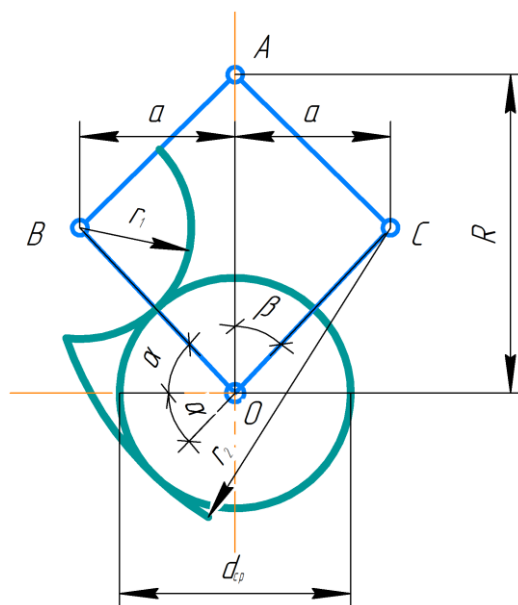


Рис 10. Схема, поясняющая построение профиля поворотных губок, вращающихся вокруг общей оси А

Где, А – общая ось поворота губок;

О – ось ОМ;

$r_1$  и  $r_2$  – радиуса дуг профиля губки;

В, С – точки, из которых очерчиваются дуги профиля радиусами  $r_1$  и  $r_2$ ;

R – радиус поворота губок;

a – горизонтальная координата точек В и С относительно оси А;

$d_{cp}$  – средний диаметр ОМ;

$2\alpha$  – угол центральный угол между точками контакта губок с деталью;

$\beta$  – угол, получаемый построением;

Исходными параметрами при построении профиля губок являются диапазон диаметров зажимаемых деталей ( $D_{max}$  и  $D_{min}$ ) и центральный угол между точками контакта губок с деталью  $2\alpha$ . Рекомендуются  $\frac{D_{max}}{D_{min}} = 2.5$  и  $2\alpha = 40 \div 50^\circ$ , примем  $\alpha = 25^\circ$ .

При  $D_{max} = 150$  мм, из технического задания, найдем  $D_{min}$ :

$$D_{\min} = \frac{D_{\max}}{2,5} = \frac{150}{2,5} = 60 \text{ мм; } ()$$

Найдем  $d_{\text{ср}}$ :

$$d_{\text{ср}} = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2} = \frac{150 + 60}{2} = 105 \text{ мм; } ()$$

Размер  $R$  между центром зажимаемого вала и осью поворота губки выбирается конструктивно и должен быть больше  $d_{\text{ср}}$ , примем  $R=110$  мм.

Из точек В и С очерчивают дуги профиля радиусами  $r_1$  и  $r_2$ . Эти точки лежат на расстоянии  $\frac{R}{2}$  от оси поворота губки. Горизонтальные координаты точек В, С рассчитаем по формуле:

$$a = \frac{R}{2} = 55 \text{ мм; } ()$$

Радиусы дуг профиля губок и вертикальную координату точек В и С найдем при построении.

$$r_1 = 8,2 \text{ мм; } r_2 = 113,2 \text{ мм;}$$

При данном методе погрешность центрирования составляет, ( $\beta=50^\circ$  из рис):

$$\Delta = \pm \frac{(D_{\max} - D_{\min})^4}{4096 R^3} \text{tg}^2 \beta = \pm \frac{(150 - 60)^4}{4096 \cdot 110^3} \text{tg}^2 50 = \pm 0,017 \text{ мм; } ()$$

На рис изображена первая схема построения профилированных губок, особенностью является симметричный поворот губок относительно общей оси, точки А.

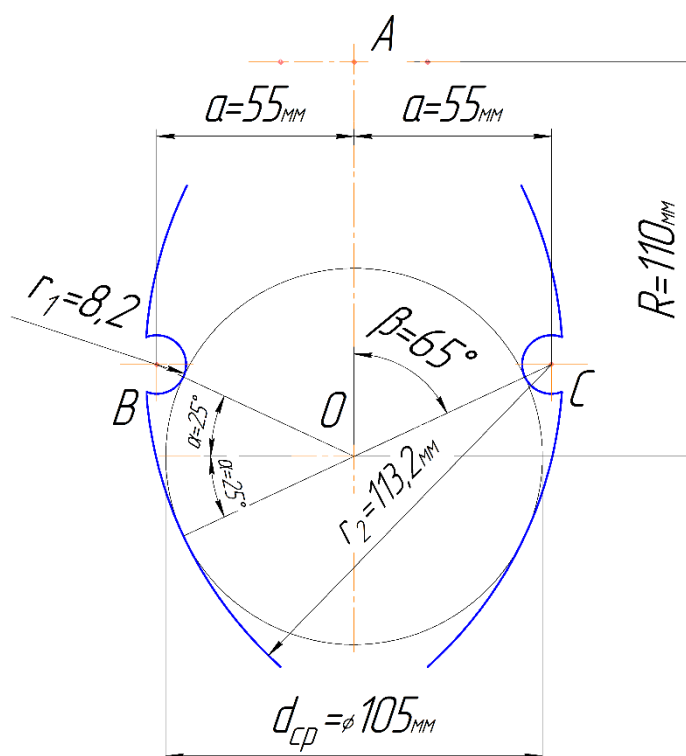


Рис 11. Схема при повороте губок вокруг общей оси А.

Так же рассмотрим схему, при которой губки имеют разные оси поворота  $A_1$  и  $A_2$ , то точки контакта детали с профилями радиуса  $r_1$  и  $r_2$  изменятся. Горизонтальные составляющие точек В и С совпадают с центрами вращения губок. Центральный угол  $\varphi$  между осями поворота губок и центром объекта манипулирования О (угол  $A_1OA_2$ ) рекомендуется выбрать в пределах:

$$0 \leq \varphi \leq (2\alpha - 40^\circ); ()$$

Примем  $\varphi = 50^\circ$  и построим вторую схему рис.

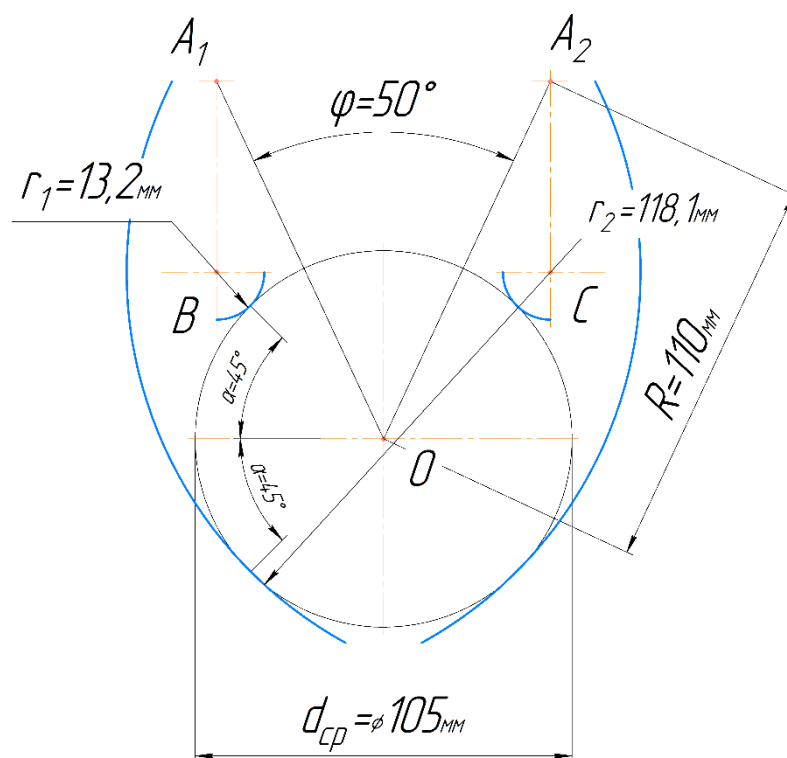


Рис 12. Схема при повороте губок вокруг осей  $A_1$  и  $A_2$ .

Для сравнения полученных схем, построим их в момент захвата наименьшего и наибольшего возможного диаметра объекта манипулирования (рис.).

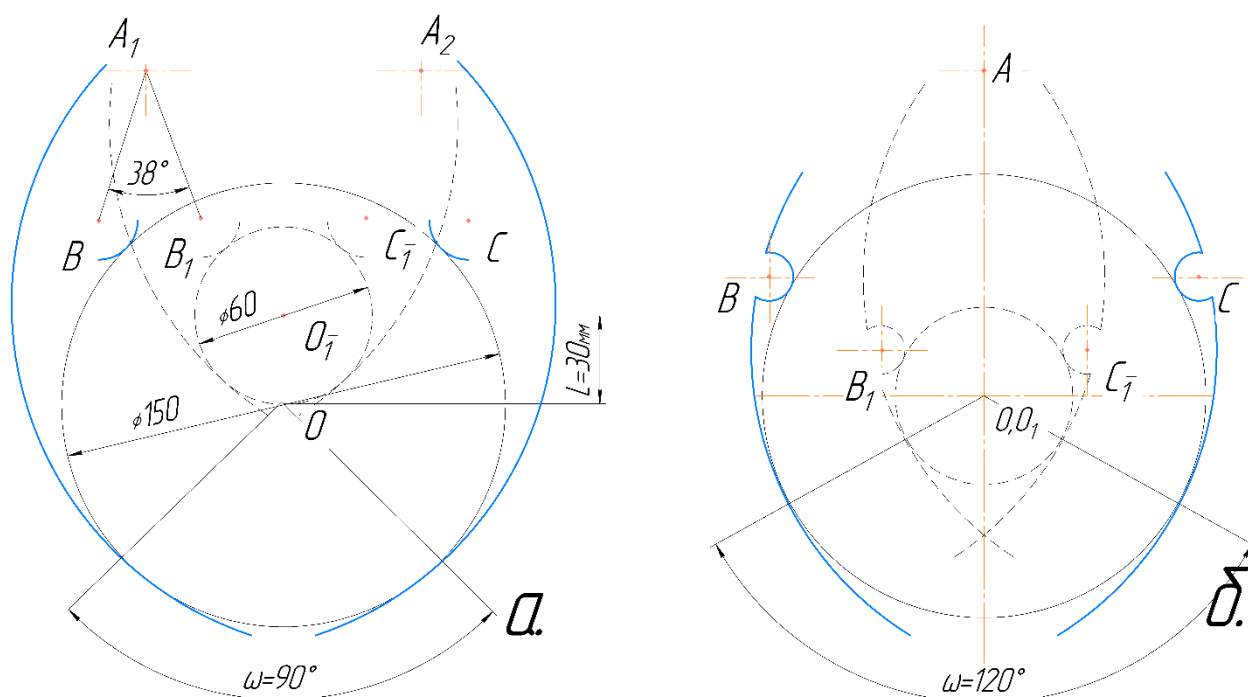


Рис 13. Схемы захваты наименьшего и наибольшего возможного диаметра ОМ.

а. – при повороте губок относительно собственных осей  $A_1$  и  $A_2$ ;

б. – при повороте относительно общей оси А.

На рис а., можно заметить, что при изменении диаметра ОМ его ось смещается строго вертикально, в идеальные условия значение этого перемещения  $L = 30$  мм. Когда на схеме б. ось все время находится в одной положении.

Еще одним основным отличием является угол  $\omega$ , который влияет на величину усилия, возникающего в момент контакта объекта и губок захвата.

## 2.4. Силовой расчет захвата

Расчет механических захватных устройств включает нахождение сил, действующих в местах контакта ОМ и губок; определение усилий привода. Методика расчета захватных устройств ведется аналогично расчетам деталей машин. Необходимо определить наибольшую реакцию, возникающую на губках схвата под действием веса тела. Это необходимо для дальнейшего нахождения усилия привода, требуемого для захвата и удержания ОМ. Следует учитывать, что при использовании профилированных губок захвата, ОМ непосредственно поддерживается самими губками, а силы трения практически не участвуют в удержании. На рис представлена типовая расчётная схема.

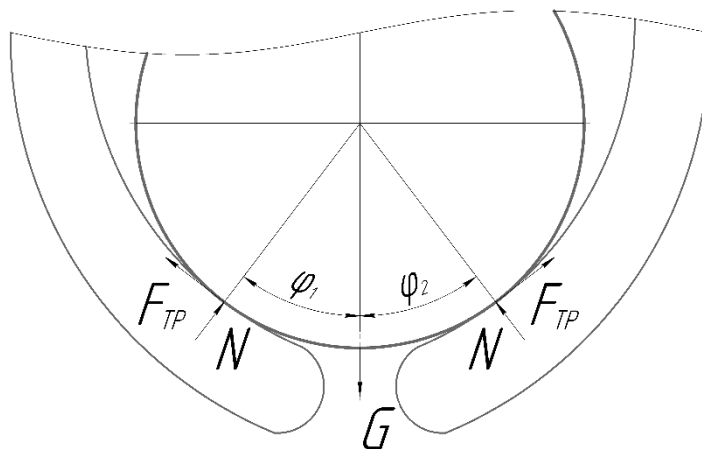


Рис 14. Схема сил []



Где,  $N_i$  – усилие контактирования между объектом и губками;

$R$  – реакция на губку захвата (вес тела);

$\varphi_i$  – угол между проекцией силы  $R$  на плоскость и силой  $N_i$ ,  $\varphi_i = \frac{\omega_i}{2}$ ;

Расчетная формула для нахождения усилия  $N_i$  []:

$$N_i = R \frac{\sin \frac{\omega_i}{2} - \mu \cos \frac{\omega_i}{2}}{\sin \omega_i - 2\mu \cos \omega_i}; \quad ()$$

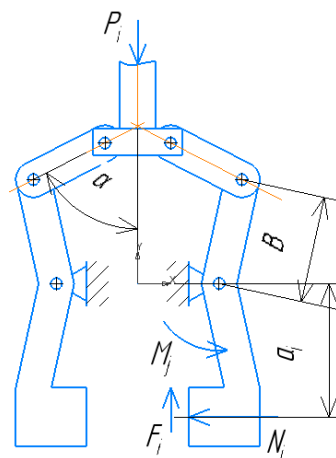
Где  $\omega_1 = 90^\circ$ ,  $\omega_2 = 120^\circ$ ,  $R = 50$  Н и коэффициент трения в воде  $\mu = 0,1$ .

Вычислим  $N$  для двух схем захвата из рис :

$$N_1 = 50 \frac{\sin \frac{90^\circ}{2} - 0,1 \cos \frac{90^\circ}{2}}{\sin 90^\circ - 2 \cdot 0,1 \cos 90^\circ} = 31,82 \text{ Н} \approx 32 \text{ Н}; \quad ()$$

$$N_2 = 50 \frac{\sin \frac{120^\circ}{2} - 0,1 \cos \frac{120^\circ}{2}}{\sin 120^\circ - 2 \cdot 0,1 \cos 120^\circ} = 42,24 \text{ Н} \approx 43 \text{ Н}; \quad ()$$

Далее рассчитаем требуемое усилие привода по типовой схеме и формуле из рис.



Общий случай

$$P \geq \frac{\sum_{j=1}^m M_j \cos \alpha}{b \eta_p};$$

для симметричных губок

$$P \geq \frac{2M_j \cos \alpha}{b \eta_p};$$

$$\eta_p = 0,9 \div 0,95$$

Рис 15. Типовая схема расчета усилия привода.

Из расчетной формулы усилия привода  $P$ , можно сделать вывод, что оно увеличится при увеличении усилия контакта между объектом и губками  $N_i$ . Это приведет к выбору более мощного привода, а, следовательно, привода, который тяжелее и требует больших затрат энергии для совершения работы. Поэтому дальнейший расчет и компоновка конструкции будет вестись для схемы а. из рис., так как там получается наименьшее усилие  $N$ .

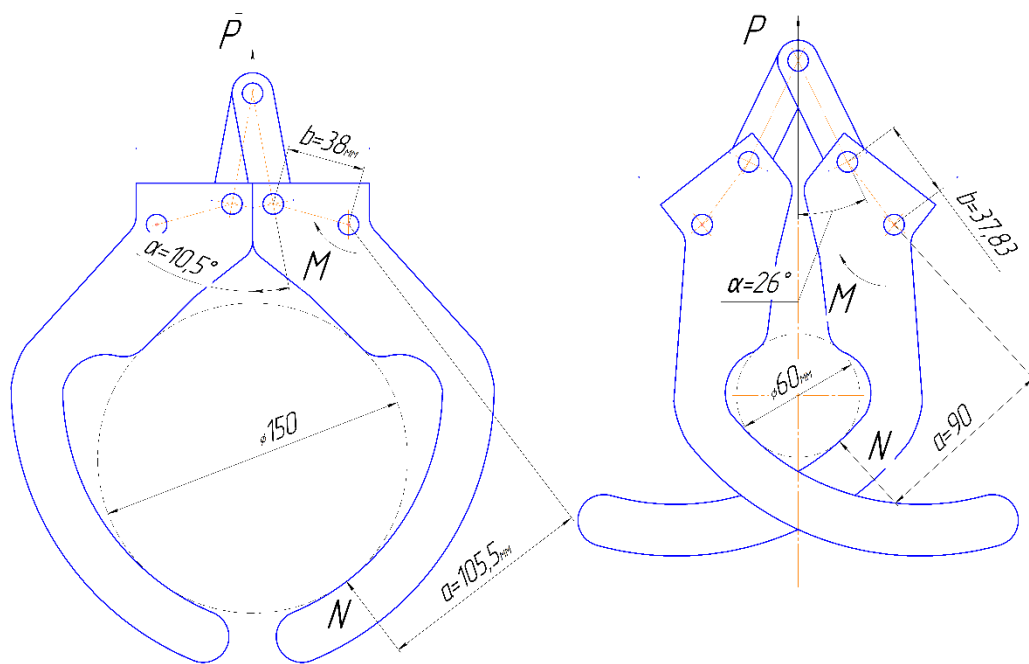


Рис 16. Расчетные схемы усилия привода при захвате объекта с Dmax и Dmin.

Для Dmax:

$$P_{Dmax} \geq \frac{2M \cos \alpha}{b \eta_p}; \quad ()$$

$$\frac{2M \cos \alpha}{b \eta_p} = \frac{2a N \cos \alpha}{b \eta_p}; \quad ()$$

$$\frac{2 \cdot 0,11 \cdot 32 \cdot \cos 10,5^\circ}{0,038 \cdot 0,925} = 196,9 \text{ Н}; \quad ()$$

$$P_{Dmax} \geq 197 \text{ Н}; \quad (12)$$

Для Dmin, аналогично:

$$P_{Dmin} \geq \frac{2M \cos \alpha}{b \eta_p}; \quad ()$$

$$\frac{2M \cos \alpha}{b \eta_p} = \frac{2a N \cos \alpha}{b \eta_p}; \quad ()$$

$$\frac{2 \cdot 0,09 \cdot 32 \cdot \cos 26^\circ}{0,038 \cdot 0,925} = 147,28 \text{ Н}; \quad ()$$

$$P_{Dmin} \geq 148 \text{ Н}; \quad ()$$

## 2.5. Характеристики привода

Выберем пневмоцилиндр из каталога [1]. Технические характеристики, которого указаны в таблице 3, геометрические в таблице 4.

Пневмоцилиндр N3 R3 T3 A3 – 38E – 20L, где

N3 – соответствует ISO 15552; A3 – вариант уплотнения штока;

R3 – высокая защита от коррозии; 38E – ход штока;

T3 – диапазон температур  $-40...+80^{\circ}\text{C}$ ; 20L – длина резьбы на штоке.



Рис 17. Привод N3 R3 T3 A3 – 38E – 20L.

Таблица 3. Технические характеристики привода

Диаметр поршня, мм	32
Ход, мм	38
Демпфирование	упругие демпфирующие кольца с двух сторон
Опрос положения	с помощью датчиков положения
Тип монтажа	с помощью внутренней резьбы
Рабочее тело	сжатый воздух
Рабочее давление, бар	0,3...12
Окружающая температура, $^{\circ}\text{C}$	$-40...+80$
Класс устойчивости к коррозии CRC	3
Вес пневмоцилиндра, г	550
Теоретическое усилие при 6 барах, Н	483

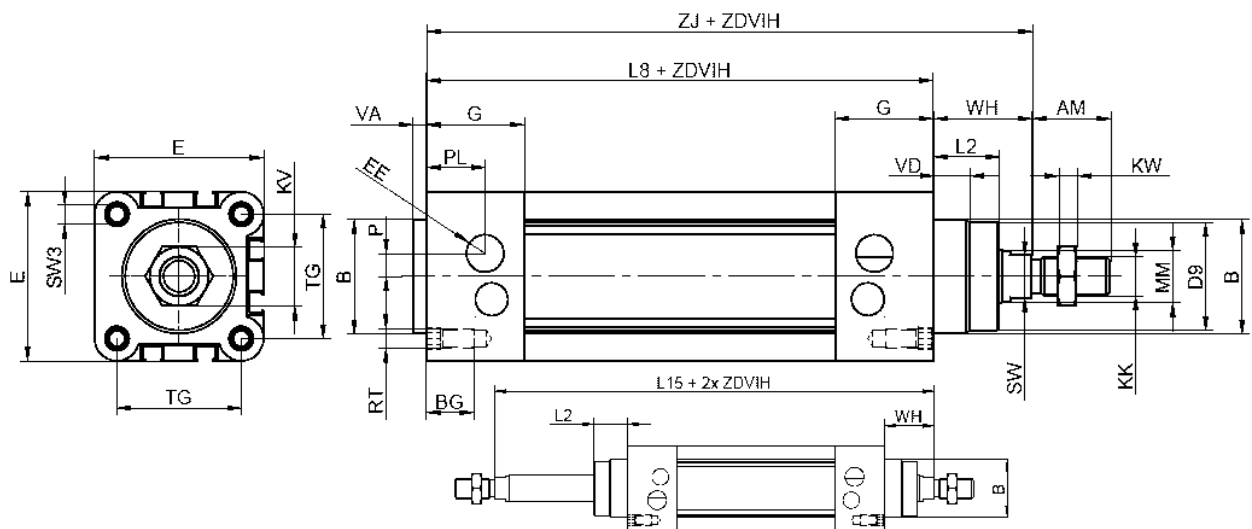


Рис 18. Эскиз пневмоцилиндра N3 R3 T3 A3 – 38E – 20L.

Таблица 4. Геометрические параметры N3 R3 T3 A3 – 38E – 20L

Ø	AM	B	BG	D9	E	EE	G	KK	KV	KW	L2	ZJ
32	22	30	16	28	46	G1/8"	25	M10x 1.25	17	6	18	120
L8	L15	MM	P	PL	RT	SW	SW3	TG	VA	VD	WH	
94	146	12	5	16	M6	10	6	32.5	4	10	23	

Рассчитаем давление необходимое для обеспечения захватного усилия, зная усилие при 6 барах = 483 Н (из пропорции):

$$P = \frac{6\text{бар} \cdot 148\text{Н}}{483\text{Н}} = 1,8 \text{ бар; ()}$$

## 2.6. Разработка поворотного механизма

Схема поворотного механизма проиллюстрирована на рис. На ней видно, что поворот манипулятора осуществляется при помощи пневмоцилиндра (1), который закреплён в основании (2) винтами (12). Основание вращения

ется на осях (6) установленных на кронштейны (3). Кронштейны в свою очередь приварены к корпусу робота. Поступательное движение штока цилиндра передается на корпус манипулятора при помощи шарнирного соединения, состоящего из: толкателя (4) с отверстием под ось (10) и шарнира (5). Толкатель закреплен на штоке при помощи резьбового соединения. Шарнир установлен на корпусе манипулятора и крепится болтовыми соединениями (8,9). Ось (10) фиксируется кольцами (11).

При движении штока пневмоцилиндра, манипулятор осуществляет поворот, на оси (13), установленной в колонне (14).

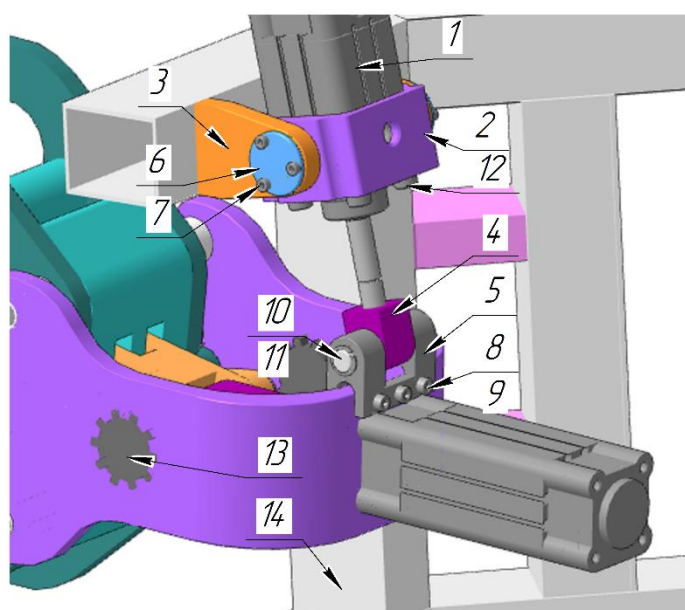


Рис 19. Схема поворота манипулятора в вертикальной плоскости.

Исходя из конструктивных особенностей расположения манипулятора относительно корпуса робота, появилось ограничительное условие в величине угла поворота. Манипулятор не способен отклоняться от горизонтального положения более чем на  $25^\circ$ , следовательно, общий угол поворота составляет  $50^\circ$ , в ветровальной плоскости. Из рисунка. Главным ограничением на увеличение угла поворота повлияло расположение центра масс манипулятора, вычисленного в ходе применения операции «Массо-центровочные характеристики (МЦХ) модели» в САПР Компас3D, относительно оси вращения в колонне (14).

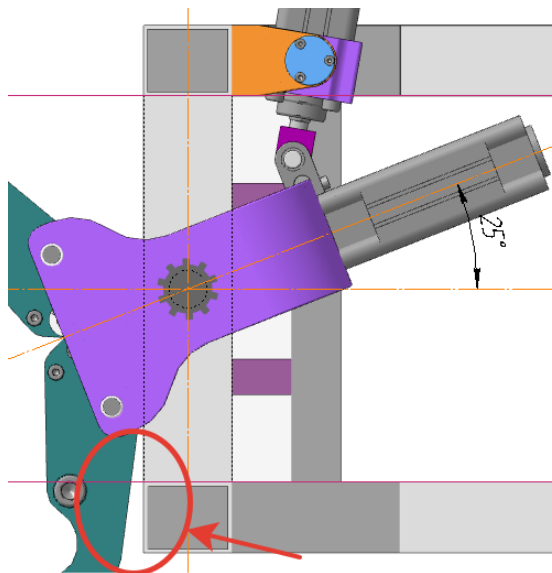


Рис 20. Ограничение в повороте.

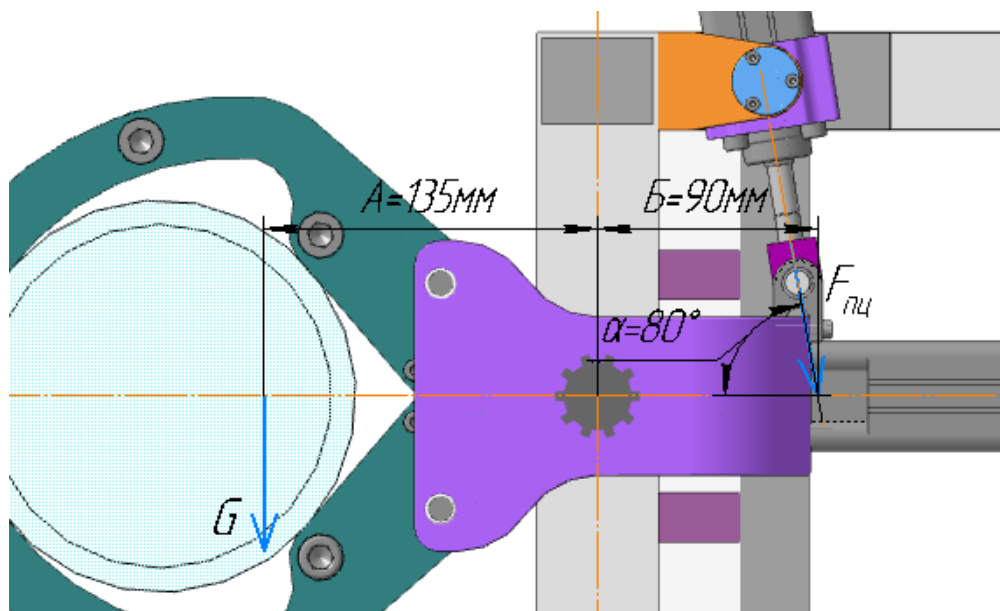


Рис 21. Расчетная схема.

Рассчитаем требуемое усилие на штоке используя условие, по рис:

$$G \cdot A < F_{\text{пц}} \cdot \sin 80^\circ \cdot B; ()$$

Где, А – расстояние от центра масс до оси поворота;

В – расстояние от оси поворота до усилия, прикладываемого приводом;

G – вес манипулятора с ОМ , при массе M=9,6 кг из расчетов САПР Компас 3D;

$F_{\text{пц}}$  – усилие на штоке.

$$F_{\text{пц}} > \frac{G \cdot A}{B \sin 80^\circ}; ()$$

$$F_{\text{пц}} > \frac{M \cdot g \cdot A}{B \sin 80^\circ}; ()$$

$$\frac{M \cdot g \cdot A}{B \sin 80^\circ} = \frac{9,6 \cdot 10 \cdot 0,135}{0,09 \cdot \sin 80^\circ} = 146,2 \text{ Н};()$$

$$F_{\text{пц}} > 147 \text{ Н};()$$

Исходя из условия (), выберем пневмоцилиндр, аналогичный используемому в приводе захвата, Привод N3 R3 T3 A3 – 38E – 20L.

При увеличении расстояния А, происходит уменьшение расстояния В, что приводит к стремительному увеличению усилия пневмоцилиндра  $F_{\text{пц}}$ , следовательно, увеличения веса привода, что крайне неблагоприятно.

## 2.7. Обеспечение угла поворота

Для осуществления поворота манипулятора на заданный в техническом условии угол  $140^\circ$ , необходимо изменить конструкцию каркаса подводного робота. Эти изменение связаны с перемещением оси поворота руки вперед и использованием поворотного пневмоцилиндра, рис.

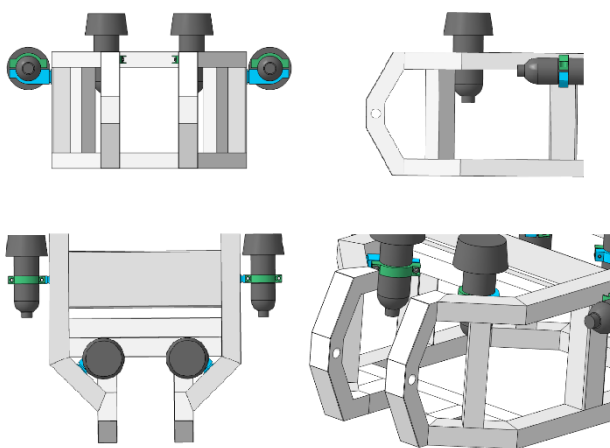


Рис 22. Изменённый каркас

Рассчитаем необходимый момент и выберем пневмоцилиндр аналогично расчетам выше:

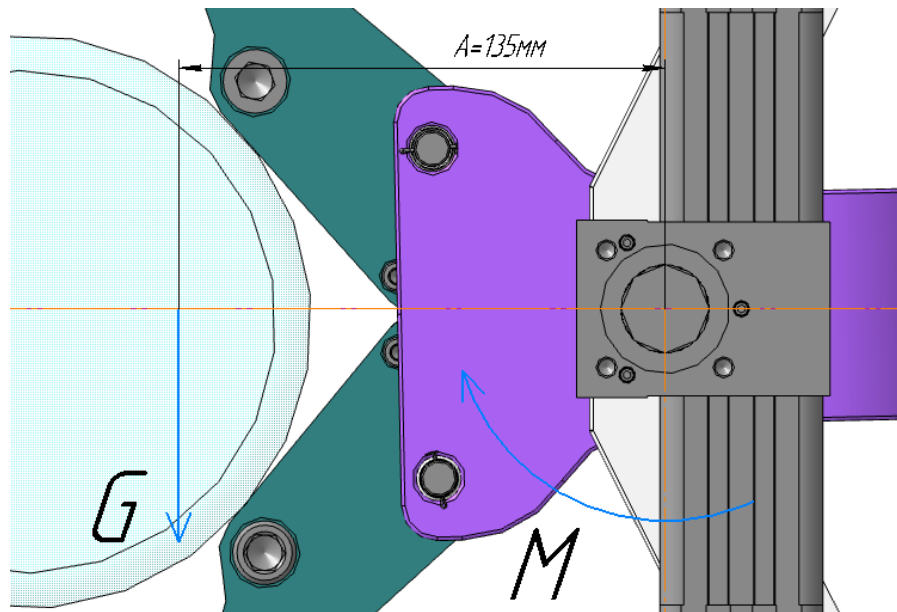


Рис 23. Расчетная схема.

Рассчитаем требуемый момент используя условие, по рис:

$$G \cdot A < M; ()$$

Где, А – расстояние от центра масс до оси поворота;

G – вес манипулятора с ОМ , при массе M=9,6 кг из расчетов САПР Компас 3D;

M – момент создаваемый пневмоцилиндром

$$M > G \cdot A; ()$$

$$M > G \cdot A; ()$$

$$m \cdot g \cdot A = 9,6 \cdot 10 \cdot 0,135 = 12,3 \text{ Нм;}()$$

$$M > 12,3 \text{ Нм;}()$$

Исходя из условия (), выберем пневмоцилиндр из каталога [] - 69-040/150-F. Технические характеристики, которого указаны в таблице , геометрические в таблице.

Пневмоцилиндр 69-032/150-F, где

69 – серия;

040 – диаметр штока;



150 – угол поворота;

F – выходной элемент втулка со шпон пазом;



Рис 24. Привод 69-032/150-F

Таблица 5. Технические характеристики привода

Диаметр поршня, мм	40
Цена деления, °	5
Демпфирование	упругие демпфирующие кольца с двух сторон
Опрос положения	с помощью датчиков положения
Тип монтажа	через резьбовые отверстия в корпусе с помощью крепежных элементов
Рабочее тело	сжатый воздух
Рабочее давление, бар	1...10
Окружающая температура, °C	-20...+80
Класс устойчивости к коррозии CRC	3
Вес пневмоцилиндра, г	1650
Теоретический момент при 6 барах, Нм	13,5

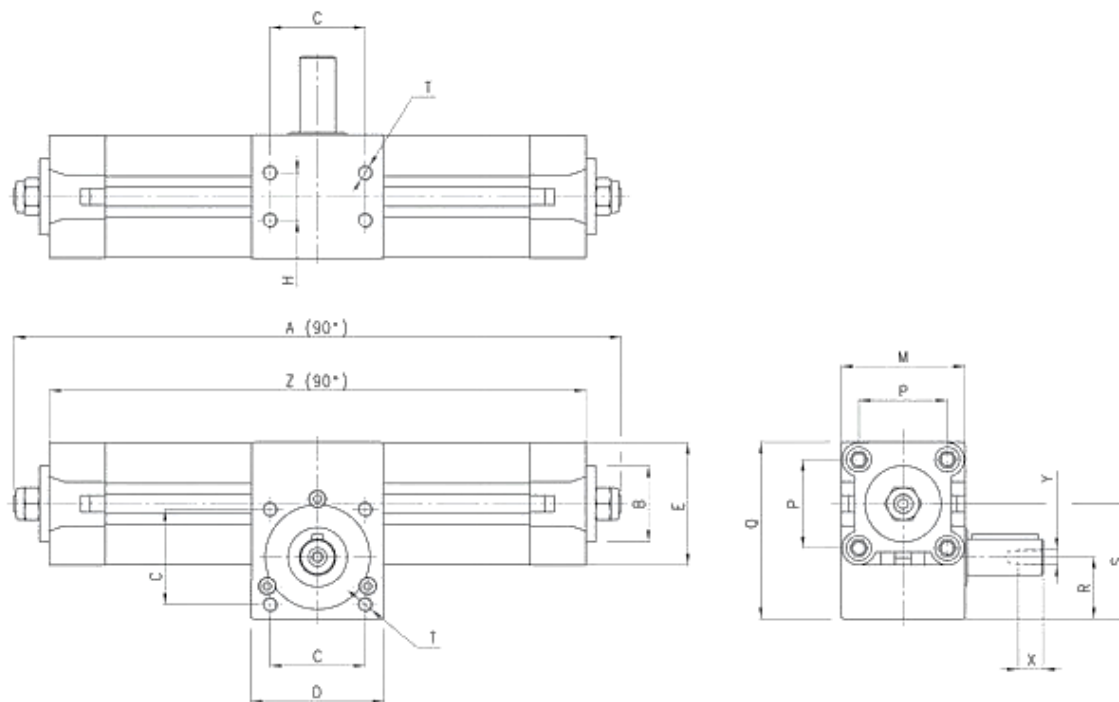


Рис 25. Эскиз пневмоцилиндра 69-032/150-F

Таблица 6. Геометрические параметры 69-032/150-F

Ø	A	B	*	C	D	E	F	G	H	J	K	L
40	249	35	63	40	60	55	5	14	22	25	25	31
M	N	P	Q	R	S	T	U	Y	X	Z		
60	G1/4	38	80	30	54,5	M6	10	M5	12.5	263		

Рассчитаем давление необходимое для обеспечения вращения манипулятора, зная момент при 6 барах = 13,5 Нм (из пропорции):

$$P = \frac{6\text{бар} \cdot 13,5\text{Нм}}{12,3\text{Нм}} = 6,6 \text{ бар; ()}$$

Анализируя вариант с изменением конструкции каркаса робота для обеспечения заданного угла поворота, можно сделать вывод:

- увеличится вес всей конструкции;
- изменится центр масс, что скажется на необходимости в более тонкой балансировке работы движителей;
- вес поворотного пневмоцилиндра в 3 раза выше чем обычного;

- необходимое давление рабочего газа для осуществления поворота в 3  
выше, чем для обычного пневмоцилиндра.

Исходя из вывода, было принято остановиться на варианте конструкции поворотного механизма с использованием пневмоцилиндра N3 R3 T3 A3  
– 38E – 20L.

### 3. Технологическая часть

Целью раздела является разработка технологического процесса изготовления детали «Стенка большая левая» рис. Включающая в себя: размерный анализ технологических размеров; расчёт минимальных припусков и технологических размеров, расчёт режимов резания для каждого перехода и норм времени на обработку по каждой операции, выбор оборудования и оснастки.

Во второй части раздела представлена технология сборки руки манипулятора, включающая: сборочный эскиз с детализацией; операционный лист, описывающий этапы сборки; схему сборки.

### 3.1. Разработка технологии изготовления детали «Стенка большая левая»

Чертеж детали представлен на рис

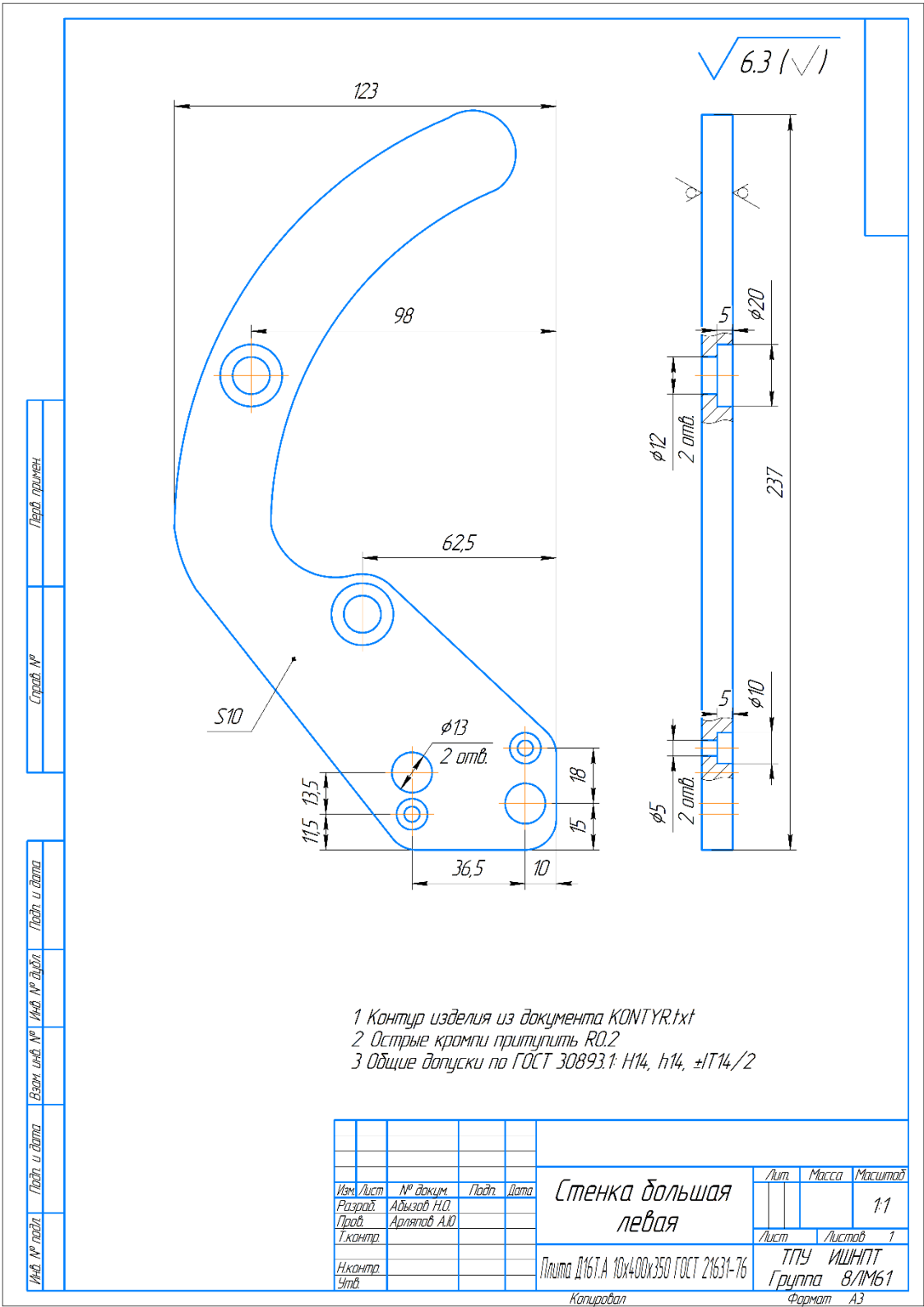


Рис 26. Чертеж детали «Стенка большая левая».

### 3.1.1. Анализ технологичности детали

В соответствии с исходными данными, стенка будет выполнена из сплава Д16Т. Из механических свойств (таблица) следуют выводы: что при обработке будут возникать малые силы резания, так же возможно использование быстрорежущего и твердосплавного инструмента.

Заготовкой, по чертежу, является плита, что указывает на возможность применения универсальной оснастки.

Получаемые поверхности имеют низкую шероховатость Ra 6.3, а требование точности размеров по 14 качеству, что ориентирует на использование станков нормальной точности.

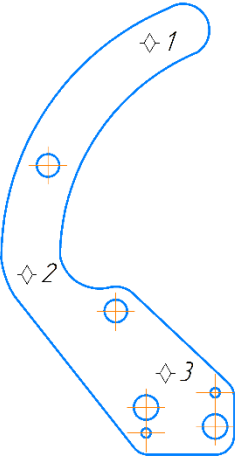
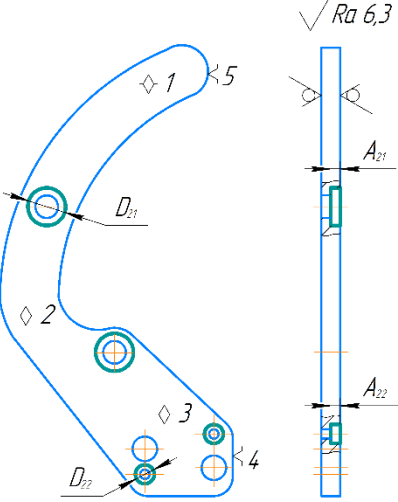
Нетехнологичными элементами детали является ее контур, имеющий сложный криволинейный профиль, и отверстия разного диаметра, расположенных согласно координатным размерам. Эти элементы возможно получить, используя технологию вырезки из листового материала, на это так же указывает требование к шероховатости поверхности. Что позволит исключить сверлильную и фрезерную операции.

Исходя из проведенного анализа, следует сделать вывод о том, что сочетание конструкции детали «стенка большая левая» и выбранный материал изделия позволят утверждать, что деталь технологична.

### 3.1.2. Технологический процесс изготовления детали «Стенка большая левая»

Маршрут технологии изготовления колеса представлен в виде табл , где также обозначены технологические базы.

Таблица 7

Операция	Эскиз	Переходы
1. Профильно-вырезная электрофизическая лучевая		1. Вырезать заготовку по программе
2. Фрезерная с ЧПУ		1. Расфрезеровать отверстия, выдерживая размер $A_{21}$ и $D_{21}$ 2. Расфрезеровать отверстия, выдерживая размер $A_{22}$ и $D_{22}$

### 3.1.3. Размерный анализ

В выбранной технологии изготовления все размеры обеспечиваются непосредственно. Припуски отсутствуют. Допуски на размеры выбраны по 14 качеству.

### 3.1.4. Назначение режимов резания

#### 3.1.4.1. Выбор оборудования и технологической оснастки

Для профильно-вырезной электрически лучевой операции был выбран станок Mazak STX 48 Champion, необходимые характеристики которого представлены в таблице. []

Таблица 8. Технические характеристики станка Mazak STX 48 Champion

Обрабатываемая площадь, мм	1250x2500
Скорость резки, макс, м/мин	24
Потребляемая мощность, кВт	1,3

Для фрезерных операций был выбран вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-3, необходимые технические характеристики которого представлены в таблице. []

Таблица 9. Технические характеристики Haas VF-3

Ход в рабочей зоне (X/Y/Z), мм	1016x508x635
Диапазон скорости вращения, об/мин	12000
Мощность привода, кВт	22,4
Крутящий момент, Нм	122

#### 3.1.4.2 Режимы резания

##### Вырезание заготовки

Выберем режимы по рекомендациям [] для лазерной резки металла толщиной более 10 мм

1. Скорость резания  $V = 1,15$  м/с,



### Расфрезерование отверстия D<sub>21</sub>

Материал режущего инструмента выбираем Р6М5 в соответствии с рекомендациями по обработке []. Инструмент: Фреза 2220-0003 []

Таблица 10. Геометрические параметры фрезы[]

d, мм	d <sub>хв</sub> , мм	l, мм	L, мм	Число зубьев
11	11	25	70	2

Назначим режимы резания по рекомендациям обработки алюминиевых сплавов []

1. Глубина резания:  $\frac{d_{\text{фр}}}{2} = \frac{11}{2} = 5,5$  мм.
2. Подача  $S = 240$  мм/мин;  $S_z = 0.04$  мм
3. Скорость резания  $V = 100$  м/мин,
4. Число оборотов шпинделя  $n = 3000 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ .

### Расфрезерование отверстия D<sub>22</sub>

Материал режущего инструмента выбираем Р6М5 в соответствии с рекомендациями по обработке []. Инструмент: Фреза 2220-0435 []

Таблица 11. Геометрические параметры фрезы. []

d, мм	d <sub>хв</sub> , мм	l, мм	L, мм	Число зубьев
4	4	15	51	2

Назначим режимы резания по рекомендациям обработки алюминиевых сплавов []

1. Глубина резания:  $\frac{d_{\text{фр}}}{2} = \frac{4}{2} = 2$  мм.
2. Подача  $S = 640$  мм/мин;  $S_z = 0.04$  мм
3. Скорость резания  $V = 100$  м/мин,
4. Число оборотов шпинделя  $n = 8000 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ .

### 3.1.3 Расчет норм времени

Нормирование спроектированного технологического процесса заключается в назначении технически обоснованных норм времени требуемых для выполнения операций. Полученные нормы времени позволяют выполнить дальнейшие расчеты затрат на производство

Под нормами времени подразумевается расчет штучно-калькуляционного времени выполнения операции, по формуле []:

$$t_{шт.к} = T_{шт} + \frac{t_{пз}}{N_d},$$

где  $t_{шт}$ -штучное (машинное) время обработки изделия;

$t_{пз}$ - подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на подготовку к обработке партии деталей, мин;

$N_d$ - количество деталей в партии, шт;

Формула для нахождения штучного времени []:

$$t_{шт} = \sum (t_{осн} + t_{всп}) + t_{т.обс} + t_{о.обс} + t_{отд},$$

где  $t_{осн}$ - основное (машинное) время, время непосредственной обработки, мин;

$t_{всп}$ - вспомогательное время, затрачиваемое на вспомогательные действия: наладку оборудования; установку и снятия заготовки; измерение детали и т.д, мин;

$$t_{всп} = 0,25 \cdot t_{осн},$$

$$t_{опер} = \sum (t_{осн} + t_{всп}),$$

$t_{т.обс}$ - время технического обслуживания станка в процессе работы, мин;

$t_{о.обс}$ - время организационного обслуживания, затрачиваемое на подготовку станка в начале смены и на уборку его в конце смены, мин;

$t_{отд}$ - время на отдых и естественные надобности, мин;

$$t_{обс} = t_{т.обс} + t_{о.обс} + t_{отд} = 0,06 \cdot t_{опер},$$

$$t_{осн} = \frac{L_{п.х.}}{S \cdot n} = \frac{(l + y + \Delta)i}{S \cdot n},$$

$L_{p.x.}$  - длина рабочего хода, мм;

$S$  - подача, мм/об;

$n$  - частота вращения шпинделя, об/мин;

$l$  - длина обработки, мм;

$у$  - длина врезания, мм;

$\Delta$  - длина перебега, мм;

$i$  - количество рабочих ходов.

#### Расфрезеровывание отверстий $D_{21}$

$$t_{\text{осн}2.1} = \frac{L_{p.x.}}{S_z n} = \frac{l \cdot i}{S_z n} = \frac{A_{21} \cdot i}{S_z n} == \text{мин},$$

$$t_{\text{всп}2.1} = \text{мин},$$

$$t_{\text{опер}2.1} = t_{\text{осн}2.1} + t_{\text{всп}2.1} == \text{мин},$$

### 3.2. Технология сборки захвата

Материалом изделия выбран сплав дюралюминия Д16т, так как он обладает рядом преимуществ: высокие прочностные характеристики, низкая плотность  $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$  (в сравнении со сталями), высокая коррозионностойкость.

Таблица 12. Механические свойства сплава Д16т.[]

Металлическая система	$\sigma_{02}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	НВ	$\tau_{\text{ср}}$ , МПа	$E$ , МПа
Al-Cu-Mg	69	127	10	78,6	270	7000

$\sigma_{02}$  – предел текучести, проктором остаточное удлинение достигает 0,2%;

$\sigma_B$  – временное сопротивление разрыву, напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующее разрушению;

$\delta$  – относительное удлинение после разрыва;

НВ – твердость по Бринеллю;

$\tau_{\text{ср}}$  – напряжение среза;

$\sigma_{-1}$  – предел выносливости;

$E$  – модуль упругости;

Втулки в подвижных узлах выполнены из капролона, свойства материала указаны в таблице. Этот выбор обусловлен наименьшим коэффициентом трения, низкой плотностью (следовательно, меньшей массой), а также отсутствием возможности появления коррозии.

Таблица 13. Свойства капролона.

Плотность, г/см <sup>3</sup>	$\sigma_{\text{раст}}$ , МПа	НВ	Е, МПа
1,16	92	5-10	1800

Сборочный эскиз захвата представлен на рис. Захват объекта манипулирования осуществляется при помощи двух схватов «большого» и «малого». Конструкция схватов состоит из: 2х боковых стенок (16,17), (19,20); оснований (9,10) и перемычек (15), соединённых между собой болтами (1), (2), (3). Схваты установлены в корпусе (18) при помощи осей (11). Вращение схватов осуществляется путем поступательного перемещения толкателя (21) и поворотом шатунов (22) и (23). Которые соединены между собой осью (14). В соединении шатунов и схватов также осуществляется осями (12) и (13). На осях расположены наборы втулок: оси (11) - втулки (7-7) и (6-6), ось (14) – втулки (5-8-8-5), ось (13) - втулки (4-8-8-4), ось (12) – втулки (5-5-5-5). Все оси фиксируются шплинтами (24).

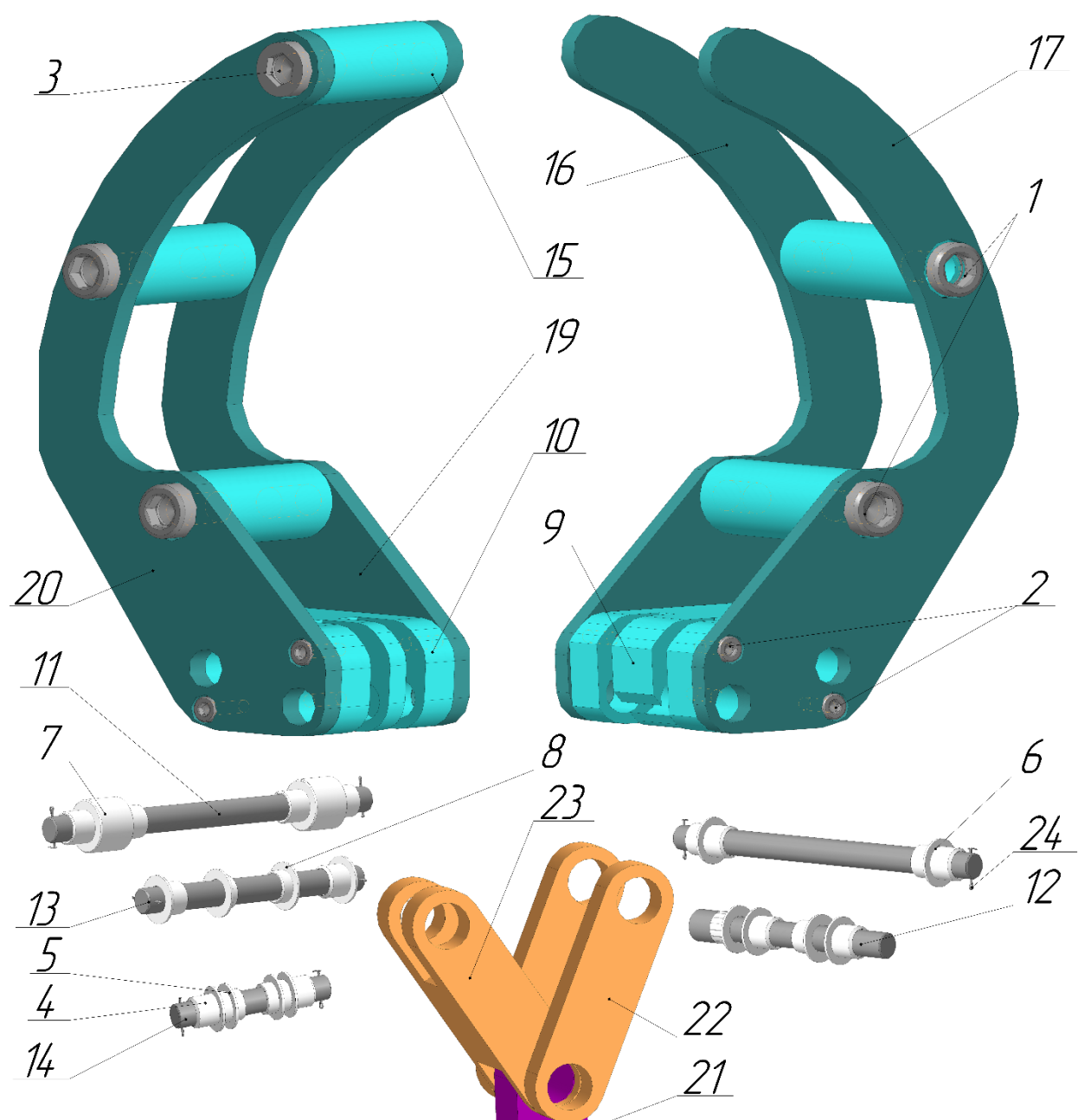




Рис 27. Сборочный эскиз.

Таблица 14. Сборочные единицы.

№	Наименование	Кол-во	Эскиз
1	Винт М12	8	
2	Винт М8	8	
3	Винт М12	2	


4	Втулка	8	
5	Втулка	4	
6	Втулка	2	
7	Втулка	2	
8	Втулка	2	
9	Основание большое	1	
10	Основание малое	1	
11	Ось	2	
12	Ось	1	
13	Ось	1	
14	Ось	1	
15	Перемычка	5	
16	Стенка большая п	1	
17	Стенка большая л	1	
18	Корпус	1	
19	Стенка малая л	1	
20	Стенка малая п	1	
21	Толкатель	1	
22	Шатун	2	
23	Шатун	1	
24	Шплинт	8	

Таблица 15. Операционный лист сборки захвата.

Номер операции	Наименование операции	Содержание операции и переходов
005	Сборка основание большое	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закрепить основание большое 9 в приспособлении</li> <li>2. Установить втулки 4</li> <li>3. Закрепить стенка большая л 17 винтами 2</li> </ol>
010	Сборка основание малое	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закрепить основание малое 10 в приспособлении</li> <li>2. Установить втулки 8</li> <li>3. Закрепить стенка малая 20, винтами 2</li> </ol>
015	Сборка стенка большая л	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить стенка большая п 16 в приспособлении</li> <li>2. Закрепить перемычки 15 винтами 1</li> <li>3. Закрепить основание большое Сб9 винтами 2</li> <li>4. Установить винты 1</li> </ol>
020	Сборка стенка малая л	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить стенка малая п 19 в приспособлении</li> <li>2. Закрепить перемычки 15 винтами 1</li> <li>3. Закрепить перемычка 15 винтом 3</li> <li>4. Закрепить основание малое Сб10 винтами 2</li> <li>5. Установить винты 1</li> <li>6. Установить винт 3</li> </ol>
025	Сборка толкателя	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закрепить ось 14 в приспособлении</li> <li>2. Установить толкатель 21</li> <li>3. Установить шатун 23</li> <li>4. Установить втулки 4</li> <li>5. Установить шатун 22</li> <li>6. Установить шплинты 24</li> <li>7. Шплинтовать</li> </ol>
030	Установка на корпус	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закрепить корпус 18</li> <li>2. Собрать и установить втулка 6 и стенка большая п Сб16</li> <li>3. Собрать и установить втулка 7 и стенка малая п Сб19</li> </ol>
035	Установка осей	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Собрать корпус Сб18 и ось Сб14</li> <li>2. Установить ось 12</li> <li>3. Установить шплинты 24</li> <li>4. Шплинтовать</li> <li>5. Установить ось 13</li> </ol>
040	Закрепление в корпусе	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установка втулка 6</li> <li>2. Установка втулка 7</li> <li>3. Установка осей 11</li> </ol>





## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ61	Абызову Никите Олеговичу

Школа	ИШНПТ	Кафедра	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	150401/Машиностроение

#### Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	...
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	...

#### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	...
2. Разработка устава научно-технического проекта	...
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	...
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	...

#### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

#### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Хаперская А.В.			

#### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Абызов Никита Олегович		

#### 4.1. Введение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», является комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной магистерской работы. В разделе отражены необходимые денежные затраты на проект. Что в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Машиностроение является одной из движущих отраслей индустрии. Эффективный рост промышленности, а также в свою очередь темпы внедрения инновационных технологий в превосходящей степени зависят от уровня развития отрасли машиностроения. Технический прогресс в отрасли машиностроения характеризуется не только улучшением конструкций машин, но и циклическим улучшением технологии их производства. Очень важно качественно, дешево и в заданные плановые сроки с минимальными затратами живого и овеществленного труда изготовить машину, применив высокопроизводительное оборудование, технологическую оснастку, средства механизации и автоматизации производственного процесса. От выбранной технологии производства во многом зависит качество работы выпускаемых машин, а также более низкие экономические затраты на их эксплуатацию.

Оправданное применение прогрессивного оборудования и инструмента способно привести к значительному снижению себестоимости продукции и трудоёмкости её производства. К таким же результатам может привести и использование совершенных методов обработки деталей.

Также машиностроение относится к энергоемким производствам и является крупнейшим потребителем электроэнергии, газа, мазута и других энергоносителей. Трудовые ресурсы машиностроительных предприятий должны отличаться высоким уровнем профессиональной подготовки от рабочего до управляющего, что обусловлено применением сложной техники, созданием сложнейшей конкурентоспособной продукции и технологических процессов ее изготовления, а также в связи с постоянной необходимостью координации и регулирования хода производства, обусловленных его прерывностью. Указанные особенности машиностроительного производства требуют от каждого работника (мастера, инженера, руководителя) знаний экономических законов, реализуемых на машиностроительном предприятии, умений использования их для достижения главных целей предприятия.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

4.2. Предпроектный анализ. Потенциальные потребители результатов исследования

Проектируемый манипулятор будет установлен на уже имеющуюся конструкцию (каркас) подводного робота. Функция манипулятора является осуществление перемещения/захвата объектов под водой, имеющих следующие характеристики: форма объекта – цилиндр, диаметром не более 150мм; масса не более пяти килограмм. Приводным элементом является пневмоцилиндры.

#### 4.3. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Основным конкурентом является манипулятор с использованием электродвигателей в роли приводного элемента. Данные комплектации широко применяется данной отрасли в силу своей простоты наладки и доступности.

Основными достоинствами такой головки является простота и дешевизна.

Таблица 1 «Оценочная карта для сравнения конкурентных решений»

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда	0,1	5	5	0,5	0,5
Удобство в эксплуатации	0,1	3	4	0,3	0,4
Простота в эксплуатации	0,1	4	4	0,4	0,4
Энергоэкономичность	0,1	3	3	0,06	0,06
Надежность	0,09	5	1	0,25	0,05
Уровень шума	0,01	2	3	0,3	0,45
Безопасность	0,08	4	4	0,32	0,32
Экономические критерии оценки					
Конкурентоспособность	0,1	5	5	0,5	0,5
Уровень проникновения на рынок	0,05	4	3	0,4	0,3

Цена	0,1	5	3	0,5	0,3
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	2	0,5	0,2
<b>ИТОГО</b>	1	45	37	4,03	3,48

Как видно из таблицы, по техническим критериям оба варианта имеют достаточно равные параметры. Однако, по экономическим критериям, пневмопривод оказывается лучше, это обусловлено более длительным сроком эксплуатации, низкой ценой.

Из всего этого можно сделать вывод, что использование пневмоцилиндров является выгодным, их использование в конструкции манипулятора экономически оправдано.

#### 4.4. FAST – анализ

FAST-анализ выступает как синоним функционально-стоимостного анализа. Суть этого метода базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого отношения к назначению объекта, или связаны с несовершенством конструкции, технологических процессов, применяемых материалов, методов организации труда и т.д.

В качестве объекта FAST-анализа выступает сборная головка БТА. Описание главной, основных, и вспомогательных функций представлены в таблице 2.

Таблица 2 «Описание главной, основных, и вспомогательных функций»

Наименование			Ранги функции
--------------	--	--	---------------

детали	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Главная	Основная	Вспомогательная
Манипулятор	-	Захват и перемещение объекта	X		
Схваты	4	Непосредственный контакт с деталью		X	
Шатуны	3	Преобразование пост. во вращ движ.		X	
Пневмопривод	2	Осуществление перемещений		X	
Винты	20	Служит для соединения частей			X

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Строим матрицу смежности функции таблица 3.

Таблица 3 «Матрица смежности функций»

	Непосредственный контакт с деталью	Непосредственный контакт с деталью	Непосредственный контакт с деталью	Непосредственный контакт с деталью
Непосредственный контакт с деталью	=	<	<	>
Преобразование пост. во вращ движ.	>	=	>	>
Осуществление перемещений	>	<	=	>
Служит для соединения частей	<	<	<	=

Преобразуем матрицу смежности в матрицу количественных соотношений функций.

Таблица 4 «Матрица количественных соотношений функций»

	Непосредственный контакт с деталью	Непосредственный контакт с деталью	Непосредственный контакт с деталью	Непосредственный контакт с деталью	Итог
Непосредственный контакт с деталью	1	0,5	0,5	1,5	7
Преобразование пост. во вращ движ.	1,5	1	1,5	1,5	9
Осуществление перемещений	1,5	0,5	1	1,5	7
Служит для соединения частей	0,5	0,5	0,5	1	4
					$\Sigma = 27$

Определяем значимость каждой функции:

Непосредственный контакт с деталью:  $7/27 = 0,26$ ;

Преобразование движения:  $9/27 = 0,33$ ;

Осуществление перемещений:  $7/27 = 0,26$ ;

Служит для соединения частей:  $4/27 = 0,15$ ;

Таблица 5 «Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования»

Наименование детали	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.
---------------------	----------------------------	---------------------	-------------------	------------------------------	---------------------------	------------------------	---------------------

Манипулятор	-	Захват и перемещение объекта	-	-	-	-	-
Схваты	4	Непосредственный контакт с деталью	-	2	3000	300	3300
Шатуны	3	Преобразование пост. во вращ движ.	-	4	3200	320	3520
Пневмопривод	2	Осуществление перемещений	-	1	5500	500	6000
Винты	20	Служит для соединения частей	-	0	800	150	950
Сумма							13770

Определим относительные затраты на функцию:

Непосредственный контакт с деталью:  $300/3000 = 0,1$ ;

Преобразование движения:  $320/3200 = 0,1$ ;

Осуществление перемещений:  $500/5500 = 0,1$ ;

Служит для соединения частей:  $150/800 = 0,19$ ;

Информация об объекте, собранная в рамках предыдущих стадий, обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы (Рис. 1):



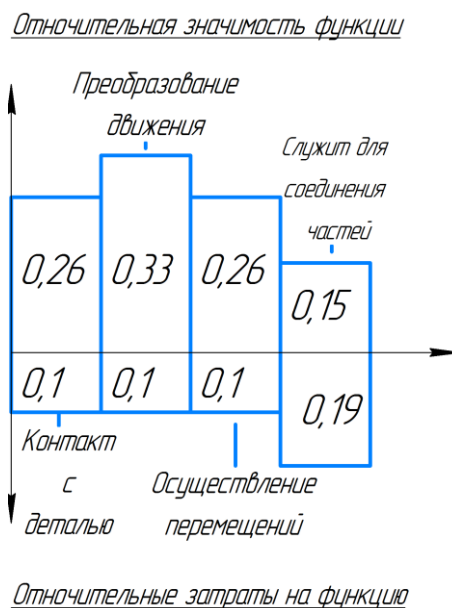


Рис.1 - Функционально-стоимостная диаграмма

Согласно вышеприведенной диаграмме, видно рассогласование по 1, 2, 3 пунктам. Для оптимизации функций можно предложить следующие шаги:

- применения принципиально новых конструкторских решений;
- оптимизации технических параметров;
- применения новых техпроцессов, заготовок и материалов;

В конечном счете результатом проведения FAST-анализа высокотехнологической и ресурсоэффективной разработки должно быть снижение затрат на единицу полезного эффекта, достигаемое путем:

- сокращения затрат при одновременном повышении потребительских свойств объекта;
- повышения качества при сохранении уровня затрат;
- уменьшения затрат при сохранении уровня качества;
- сокращения затрат при обоснованном снижении технических параметров до их функционально необходимого уровня;
- повышения качества при некотором, экономически оправданном увеличении затрат.

#### 4.5. SWOT-анализ

Для проведения комплексного анализа проекта воспользуемся SWOT-анализом. Он проводится в несколько этапов. На первом этапе определяются сильные и слабые стороны проекта, а также выявляются возможности и угрозы для реализации проекта. Первый этап проведения SWOT-анализа представлен в таблице 6.

Таблица 6 «Матрица SWOT»

<b>Strengths (сильные стороны)</b> С1. Уникальный профиль схватов. С2. Высокая надежность. С3. Простота конструкции. С4. Прочная конструкция.	<b>Weaknesses (слабые стороны)</b> Сл1. Дороговизна лазерной резки для изготовления схватов Сл2. Небольшой угол поворота относительно горизонтальной составляющей Сл3. Вес конструкции.
<b>Opportunities (возможности)</b> В1. Комбинирование приводов главного движения. В2. Создание комплекта сменных схватов. В3. Быстрое внедрение в производство.	<b>Threats (угрозы)</b> У1. Сокращение финансирования проекта. У2. Невозможность производства. У3. Срыв сроков создания проекта.

После того как сформированы четыре области, переходим ко второму этапу, на котором необходимо выявить соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого в рамках данного этапа строится интерактивная матрица, при этом каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы представлены в таблицах ниже.

Таблица 7 «Интерактивная матрица проекта Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	-
	B2	-	+	+	-
	B3	+	-	-	-

Таблица 8 «Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	+	-
	B2	+	-	-
	B3	-	-	-

Таблица 9 «Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта					
Угрозы		C1	C2	C3	C4
	У1	-	-	+	+
	У2	+	-	-	-
	У3	-	-	-	-

Таблица 10 «Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	-	-
	У2	+	+	+
	У3	-	-	-

На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 11.

Таблица 11 «Итоговая матрица SWOT»

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>C1. Уникальный профиль схватов.</p> <p>C2. Высокая надежность.</p> <p>C3. Простота конструкции.</p> <p>C4. Прочная конструкция.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Дороговизна лазерной резки для изготовления схватов</p> <p>Сл2. Небольшой угол поворота относительно горизонтальной составляющей</p> <p>Сл3. Вес конструкции.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>B1. Комбинирование приводов главного движения.</p> <p>B2. Создание комплекта сменных схватов.</p> <p>B3. Быстрое внедрение в производство.</p>	<p>B1C1C2C3</p> <p>B2C2C3</p> <p>B3C1</p>	<p>B1Сл1Сл2</p> <p>B2Сл2</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Сокращение финансирования проекта.</p> <p>У2. Невозможность производства.</p> <p>У3. Срыв сроков создания проекта</p>	<p>У1C3C4</p> <p>У2C1</p>	<p>У2Сл1Сл2Сл3</p>

#### 4.6. Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

#### 4.7. Цели и результат проекта

В данном разделе необходимо привести информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица «Заинтересованные стороны проекта»

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Магистрант	Магистерская диссертация
Руководитель проекта	Получение технологии производства манипулятора

В таблице представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица «Цели и результаты проекта»

<b>Цели проекта:</b>	Проектирование манипулятора
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Получение готового проекта
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Эффективная и работоспособная конструкция манипулятора
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Разработка манипулятора
	Оформленная техническая документация
	Оформленная магистерская диссертация

#### 4.8. Организационная структура проекта

На данном этапе работы решены следующие вопросы: кто входит в рабочую группу данного проекта, определена роль каждого участника в данном

проекте, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информация представлена в таблице.

Таблица «Рабочая группа проекта»

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
1	Абызов Н.О., магистрант отд. Материаловедения	Исполнитель	1. Проектирование манипулятора. 2.Произведение силового расчета. 3.Составление технической документации.	1250
2	Арляпов А.Ю., НИ ТПУ, к.т.н., доцент	Руководитель, эксперт	1. Консультация по теоретической части проекта. 2. Помощь в проведении расчетов и оформлении документов. 3.Помощь в разработке документации.	90
ИТОГО:				1340

#### 4.9. Ограничения и допущения проекта.

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта.

Таблица «Ограничения проекта»

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	280000 руб.
3.1.1. Источник финансирования	ООО «Промышленная Механика» г. Томск
3.2. Сроки проекта:	5.10.2017-8.06.2018
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	7.10.2017
3.3. Прочие ограничения и допущения*	-

#### 4.10. План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Календарный график представляется в виде таблицы 12

Таблица 15 «Календарный план проекта»

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Постановка целей и задач	21	5.10.2017	28.09.17	Абызов Н.О. Арляпов А.Ю.
2	Изучение литературы, составление лит. обзора.	21	26.10.17	16.11.17	Абызов Н.О.
3	Разработка календарного плана	7	16.11.17	20.11.17	Абызов Н.О. Арляпов А.Ю.
4	Обсуждение литературы	21	23.11.17	16.12.17	Абызов Н.О. Арляпов А.Ю.
5	Выбор конструкции	2	16.12.17	18.12.17	Абызов Н.О. Арляпов А.Ю.
6	Разработка конструкции	60	18.12.17	16.02.18	Абызов Н.О.
7	Проведение силового анализа	21	16.02.18	09.03.18	Абызов Н.О.
8	Составление конструкторской документации	56	09.03.18	04.05.2018	Абызов Н.О.
9	Анализ результатов	7	04.05.2018	11.05.2018	Абызов Н.О. Арляпов А.Ю.
10	Оформление пояснительной записки	14	11.05.2018	25.05.2018	Абызов Н.О.
11	Подведение итогов	14	25.05.2018	8.06.2018	Абызов Н.О. Арляпов А.Ю.
И т о г о:		244			

Таблица 16 «Календарный план-график проведения НИОКР по тем

Код работы	Вид работ	Исполнитель	T <sub>к</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ									
				октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	
1	Постановка целей и задач	Абызов Н.О. Арляпов А.Ю.	21	<div><div></div><div></div></div>									
2	Изучение литературы...	Абызов Н.О.	21		<div><div></div></div>								
3	Разработка календар- ного плана	Абызов Н.О. Арляпов А.Ю.	7		<div><div></div><div></div></div>								
4	Обсуждение литерат.	Абызов Н.О. Арляпов А.Ю.	21 18			<div><div></div><div></div></div>							
5	Выбор конструкции	Абызов Н.О. Арляпов А.Ю.	2 1			<div><div></div><div></div></div>							
6	Разработка конструкции	Абызов Н.О.	60			<div><div></div></div>							
7	Проведение силового анализа	Абызов Н.О.	21					<div><div></div></div>					
8	Составление констр. документации	Абызов Н.О.	56					<div><div></div></div>					
9	Анализ результатов	Абызов Н.О. Арляпов А.Ю.	7							<div><div></div><div></div></div>			
10	Оформление пояснит. записки	Абызов Н.О.	14								<div><div></div></div>		
11	Подведение итогов	Абызов Н.О. Арляпов А.Ю.	14								<div><div></div><div></div></div>		



– Исполнитель



– Руководитель



Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы с разбивкой по месяцам и декадам за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Сетевой график – графическое отображение комплекса работ по теме с установленными между ними взаимосвязями.

#### 4.11. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице.

##### 1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Таблица 17 «Комплектующие изделия»

Наименование, марка	Кол-во, шт.	Цена за единицу (кг), руб.	Сумма, руб.
Персональный компьютер	1	47990	47990
Принтер	1	3200	3200
ПО Kompas 3D 17.v	1	1490	1490

По Microsoft Office	1	3450	3450
Бумага офисная SvetoCopy A4	5	225	1125
Всего			57255
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			2320
Итого по статье $C_m$			59545

## 2. Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

, где:  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя и инженера (магистранта) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб}$$

, где:  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d}$$

, где:  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.  $F_d = 1790$  рабочих дней.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_м = З_б * (k_{пр} + k_д) * k_p$$

, где:  $З_б$  – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_д$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 18.

Таблица 18 «Расчет основной заработной платы»

Исполнители	$З_б$ , руб.	$k_{пр}$	$k_д$	$k_p$	$З_м$ , руб.	$З_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$З_{осн}$ , руб.
Руководитель	33163	1,2	1,1	1,3	99157,28	576,11	68	39175
Инженер	14874	1,2	1,1	1,3	44473,26	258,4	244	57882

### 3. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Таблица 19 «Заработная плата исполнителей НТИ»

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	39175	57882
Дополнительная зарплата	4701	6946
Итого по статье $C_{зп}$	108704	

### 4. Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп})$$

, где:  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$C_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot 108704 = 32611 \text{ руб.}$$

#### 4.12. Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot (З_{осн} + З_{доп})$$

, где:  $k_{накл}$  – коэффициент накладных расходов.

$$C_{накл} = k_{накл} * (З_{осн} + З_{доп}) = 0,8 \cdot 108704 = 86963 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости проведения исследований. Все данные сведены в таблицу 20.

Таблица 20 «Группировка затрат по статьям»

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Покупные изделия	59545
Основная заработная плата	97057
Дополнительная заработная плата	11647
Отчисления на социальные нужды	3261
Накладные расходы	86963
Итоговая плановая себестоимость	258473

#### 4.13. Общие итоги финансирования и расходов

Итоговая плановая себестоимость составила 258473 рублей, финансирование составило 280000 рублей. Посчитаем разницу:

$$280000 - 258473 = 21527 \text{ р.}$$

Разница составляет 21527 рублей. Оставшаяся сумма была распределена на будущие и параллельные проекты.

#### 4.13. Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности.

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Таблица 21 «Матрица ответственности»

Этапы проекта	Инженер (магистрант)	Руководитель проекта
1. Постановка целей и задач	И	О
2. Изучение литературы, составление лит. обзора.	И	О
3. Разработка календарного плана	И	О
4. Обсуждение литературы	И	У
5. Выбор конструкции	И	У
6. Разработка конструкции	И	У
7. Проведение силового анализа	И	У

8. Составление конструкторской документации	И	О
9. Анализ результатов	И	О
10. Оформление пояснительной записки	И	У
11. Подведение итогов	И	О

#### 4.14. Оценка экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта. Так как последние являются единовременными, то мы имеем дело с частным случаем задачи оценки экономической эффективности инвестиций, т.е. вложением денежных средств в предприятие, организацию, отраслевую, региональную социально-экономическую систему и т.п. с целью получения определенного результата в будущем. Отличительными особенностями инвестиций, особенно когда речь идет о вложениях в нематериальные активы в форме НИР являются:

- результат может быть получен в течение ряда последующих лет в общем случае – на протяжении жизненного цикла создаваемой системы;
- результаты инвестиций содержат элементы риска и неопределенности;
- связывание на некоторое время финансовых средств инвестора.

Однако в данной работе провести оценку экономической эффективности проекта не представляется возможным.

#### 4.15. Оценка научно-технического уровня НИР

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод бальных оценок.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{\text{НТУ}} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i,$$

, где:  $R_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го признака научно-технического эффекта;  
 $n_i$  – количественная оценка  $i$ -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Таблица 22 «Весовые коэффициенты признаков НТУ»

Признак НТУ	Примерное значение весового коэф-та $n_i$
1. Уровень новизны	0,4
2. Теоретический уровень	0,1
3. Возможность реализации	0,5

Таблица 23 «Баллы для оценки уровня новизны»

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 24 «Баллы значимости теоретических уровней»

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1 Установка закона, разработка новой теории	10
2 Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
3 Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
4 Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
5 Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 25 «Возможность реализации научных, теоретических результатов  
по времени и масштабам»

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Таблица 26 «Оценка уровня научно-технического эффекта»

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

Таблица 27 «Сводная таблица оценки научно-технического уровня НИР»

Фактор НТУ	Значимость	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень новизны	0,4	Относительно новая	3	Обобщение и систематизация данных о различных видах манипуляторов для подводных роботов. Типовые расчеты с использованием классических методов.
Теоретический уровень	0,1	Многоспектральный анализ	8	Создание конструкции манипулятора на основании специфики исходных данных и области применения. Проведен полный курс проектирования сложного изделия.
Возможность реализации	0,5	В течение первых лет	10	Спроектированный манипулятор имеет большую часть необходимой документации для внедрения в производство.



Из сводной таблицы оценки научно-технического уровня НИР можно сделать вывод, что несмотря на невысокий теоретический уровень и отсутствия принципиально новой информации, анализ функциональных элементов ранее применявшихся головок дает возможность определить наиболее эффективные конструкции. Использование этой информации позволило спроектировать головку, позволяющую производить обработку отверстий с минимальным уводом оси, лучшими параметрами охлаждения. Ранее эти вопросы были в недостаточной степени решены.

Исходя из оценки признаков НИОКР, показатель научно-технического уровня для данного проекта составил:

$$K_{\text{нту}} = 0,4 \cdot 3 + 0,1 \cdot 8 + 0,5 \cdot 10 = 1,5 + 0,5 + 5 = 7$$

Таким образом данное исследование имеет средний уровень научно-технического эффекта.

#### 4.16. Реестр риска проектов

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 28 «Реестр рисков»

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Поставки комплектующих	Срыв поставок	2	2	Низкий	Найти надежных поставщиков	Истечение срока договора

2	Экономический	Снижение финансирования	4	4	Средний	Использование имеющегося ПК	Экономический кризис
3	Технический	Изменение исходных данных для проектирования	2	2	Низкий	Создание более унифицированного прототипа	Изменение целей или конструкции робота

#### 4.17. Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

*Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования* получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}},$$

где  $I_{\Phi}^p$  - интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$ — стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  — максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

*Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:*

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где  $I^a$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 29 «Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта»

	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог
Способствует росту производительности труда пользователя	0,25	5	4
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,20	4	5
Помехоустойчивость	0,05	1	1
Энергосбережение	0,05	1	1
Надежность	0,2	3	4
Материалоемкость	0,25	5	2
ИТОГО	1	19	17

$$I_{\text{ТП}} = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 = 4;$$

$$I_{\text{Аналог}} = 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,25 = 3,4.$$

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{\text{финр}}^p$ ) и аналога ( $I_{\text{финр}}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a}.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a},$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  - сравнительная эффективность проекта;

Таблица 30 «Сравнительная эффективность разработки»

№ п/п	Показатели	Аналог	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1,03	0,84
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,4	4
3	Интегральный показатель эффективности	3,3	4,76
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,46	

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах, т.к. значение меньше единицы, но больше нуля.

При сравнении значений интегральных показателей эффективности разработки и аналога, можно сказать, что более эффективным решением является разработка уникального манипулятора для определенных условий.

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

## «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ЛМ61	Абызов Никите Олеговичу

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Материаловедения</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	150401/Машиностроение

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1) 1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объектом исследования является участок цеха по производству частей манипулятора для подводного аппарата-робота, в частности оборудование, находящееся в нём
--	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 2)	Вредные производственные факторы: 1) Повышенная или пониженная относительно нормативных требований температура, влажности и подвижности воздуха; 2) Повышенный уровень шума; 3) Повышенный уровень вибраций 4) Недостаточная освещенность рабочей зоны 5) Запыленность 6) Эмоциональные нагрузки. Опасные производственные факторы: 1) Отлетающие кусочки металла, абразивного материала; 2) Пожарная безопасность 3) Электрический ток 4) Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы;
3) 2. Экологическая безопасность 4)	1) Влияние деятельности на литосферу, атмосферу и гидросферу; 2) Способы утилизации отходов
5) 3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: 6)	Возможные ЧС на производстве: 1) Природного характера - воздействие низких температур 2) Техногенного характера - диверсия
7) 4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: план эвакуации, план размещения светильников 8)	1) Приведены мероприятия для обеспечения безопасности рабочего; 2) Дан перечень используемых НТД.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор	Федорчук Ю. М.	д.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ЛМ61	Абызов Никита Олегович		

## 5.1. Введение

В данном разделе рассмотрены вопросы организации рабочего места оператора станка с ЧПУ, в процессе производства частей манипулятора, в соответствии с нормами производственной безопасности и охраны окружающей среды.

Тема магистерской работы звучит как «Проектирование манипулятора для подводного робота-аппарата». Манипулятор предназначен для манипулирования объектов, под водой, устанавливается на каркасе подводного аппарата-робота. Состоит из огромного количества составных частей, например, такие как: корпус, шатуны, толкатели, оси, втулки, стенки, основания. Материалом изделий служит сплав Д16Т, а для втулок - капролон. Все составные части конструкции будут изготавливаться на станках, поэтому будет рассмотрено влияние процесса её изготовления на окружающую среду.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются с позиции исполнителя (оператор станка с ЧПУ), связанного непосредственно с изготовлением корпуса сверлильной головки.

## 5.2. Производственная безопасность

Работа по изготовлению головки БТА проводилась на металлообрабатывающем оборудовании, а по измерению – на координатно-измерительной машине:

- 1) Фрезерный комплекс DMU 50 ecoline;
- 2) Токарный обрабатывающий центр Goodway GLS1500LY;

При работе с обеими машинами существуют ряд вредных и опасных факторов:

Группы факторов	Виды опасных и вредных факторов
-----------------	---------------------------------

Физические	Повышенная или пониженная относительно нормативных требований температура, влажности и подвижности воздуха
	Повышенный уровень шума
	Повышенный уровень вибраций
	Недостаточная освещенность рабочей зоны
	Отлетающие кусочки металла, абразивного материала
	Электрический ток
	Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы;
Психофизические	Эмоциональные нагрузки
	Большой объем информации обрабатываемой в единицу времени

### 5.3. Анализ выявленных вредных факторов

5.3.1. Повышенная или пониженная относительно нормативных требований температура, влажность и подвижность воздуха.

В ходе работы необходимо соблюдать допустимые значения на следующие производственные метеоусловия – влажность воздуха на рабочем месте, температура воздуха, скорость движения воздуха, а также тепловые излучения. Указанные физические свойства воздуха на рабочем месте оказывают значительное влияние на протекание жизненных процессов в организме человека. Так, при неблагоприятном микроклимате (превышение или же занижение допустимых нормативных показателей, указанных в СанПиН 2.2.4.548 – 96) снижается производительность труда и ухудшается здоровье работника.

Неблагоприятные условия вызывают перенапряжение механизма терморегуляции, что приводит к перегреву или переохлаждению. Нарушениями механизма терморегуляции являются:

- Повышенная утомляемость;
- Снижение его производительности труда;

- Повышенный риск простудных и сердечных заболеваний.

Таким образом оптимальные значения физических величин для обеспечения комфортного микроклимата составят:

Таблица 27 - Оптимальные значения физических величин для обеспечения комфортного микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Іб (140 - 174)	21 - 23	60 - 40	0,1
Теплый	Іб (140 - 174)	22 - 24	60 - 40	0,1

Допустимые величины микроклимата на рабочем месте

- Изменение температуры воздуха по высоте должно быть не более 3°С;
- Изменение температуры воздуха по горизонтали и изменение в течении смены не должно быть более 4 °С для категории работ «Іб».

При температуре воздуха на рабочих местах более 25 °С, допустимые величины относительной влажности воздуха не должны превышать пределы (20-80) % относительной влажности.

Для профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия. Например, такие как системы местного кондиционирования воздуха, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), регламент времени работы и т.д.

К числу СИЗ от неблагоприятных климатических условий относят спецодежду, спецобувь, средства защиты рук, головные уборы.

### 5.3.2. Повышенный уровень шума

В рабочем помещении должны соблюдаться нормы уровня шума согласно СН2.2.4/2.1.8.562-96.



Источником шума в рассматриваемом рабочем пространстве является токарный обрабатывающий центр, а также пневмопистолет для подачи воздуха под давлением.

Повышенный уровень шума на рабочем месте вызывает у человека головную боль, головокружение, может привести к заболеванию нервной и сердечно-сосудистой системы, к развитию тугоухости, нарушению функций желудочно-кишечного тракта и обменных процессов в организме. В условиях постоянного шума повышается утомляемость, замедляется скорость психических реакций, ухудшается память. Нарушается компенсация внимания, точность и координированность движений, ухудшается восприятие звуковых и световых сигналов опасности, что ведет к увеличению травматизма.

Нормируемыми параметрами шума служат уровни в децибелах (дБ) среднеквадратичных звуковых давлений, измеряемых на линейной характеристике шумомера (или шкале С) в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Для ориентировочной оценки шума разрешается измерять его общий уровень по шкале А шумомера в дБА. Допустимые нормы шума в лабораторных помещениях не более 80 дБА (согласно ГОСТ 12.1.003–83).

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в ГОСТ 12.1.003–83.

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
легкой степени	80	80	75	75	75

Если уровень шума на работе превышает 70-80 дБ необходимо использовать индивидуальные средства защиты (беруши, специальные наушники).

Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на:

- акустические (звукоизолирующие кожухи, кабины, акустические экраны, выгородки, звукопоглощающие облицовки, объемные поглотители звука и др.).

Физическая сущность звукоизолирующих преград состоит в том, что наибольшая часть звуковой энергии отражается от специально выполненных массивных ограждений из плотных твердых материалов (металла, дерева, пластмасс, бетона и др.) и только незначительная часть проникает через ограждение. Уменьшение шума в звукопоглощающих преградах обусловлено переходом колебательной энергии в тепловую благодаря внутреннему трению в звукопоглощающих материалах. Хорошие звукопоглощающие свойства имеют легкие и пористые материалы (минеральный войлок, стекловата, поролон и т.п.).

По степени жесткости звукопоглощающие материалы бывают: твердые, мягкие, полужесткие.

- Твердые материалы производятся на основе гранулированной или суспензированной минеральной ваты; материалы, в состав которых входят пористые заполнители такие как пемза, вспученный перлит, вермикулит. Коэффициент звукопоглощения: 0,5. Объемная масса: 300-400 кг/м<sup>3</sup>.
  - Мягкие звукопоглощающие материалы изготавливаются на основе минеральной ваты или стекловолокна; а также ваты, войлока и пр. Коэффициент звукопоглощения: от 0,7 до 0,95. Объемная масса: до 70 кг/м<sup>3</sup>.
  - Полужесткие материалы - это минераловатные или стекловолокнистые плиты, материалы с ячеистым строением - пенополиуретан и т. п. Коэффициент звукопоглощения: от 0,5 до 0,75. Объемная масса: от 80 до 130 кг/м<sup>3</sup>.
- архитектурно-планировочные (создание шумозащищенных зон, рациональное размещение оборудования рабочих мест, рациональные акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов и др.).

- организационно-технические (применение малозумных технологических процессов и машин, оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля, использование рациональных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях и др.).

В обеденный перерыв обязательно нужно покидать рабочее место и отправляться в более тихое место, чтобы слух немного отдохнул и адаптировался к нормальному уровню громкости. Не реже 1 раза в год (или в полгода, если уровень шума очень высокий) проверять слух у врача-оториноларинголога, следует уловить момент ухудшения и принять меры.

### 5.3.3. Повышенный уровень вибраций

В процессе обработки деталей, если режущий инструмент выставлен неправильно, а также если станок не имеет крепкого фундамента под собой, или не установлен на виброопорах, могут возникать вибрации.

Основная цель нормирования вибрации на рабочих местах — это установление допустимых значений характеристик вибрации, которые при ежедневном систематическом воздействии в течение всего рабочего дня и многих лет не могут вызвать существенных заболеваний организма человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности.

Основным документом, регламентирующим уровень вибрации на рабочих местах, является СН 2.2.4/2.1.8.566-96 “Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий”. В этом документе приведены предельно допустимые значения колебательной скорости, колебательного ускорения и их уровней в октавных и третьоктавных полосах частот для локальной и общей вибрации в зависимости от источника возникновения, направления действия.

Коллективная виброзащита включает в себя простые и составные средства виброизоляции и виброгашения: установку вибрирующего оборудования

на массивный фундамент, при котором фундамент должен удовлетворять требованиям расчета по прочности и по пригодности к нормальной эксплуатации, а для фундаментов с расположенными на них рабочими местами - также требованиям стандартов безопасности труда в части допустимых уровней вибраций. Колебания фундаментов не должны оказывать вредного влияния на технологические процессы, оборудование и приборы, расположенные на фундаменте или вне его, а также на находящиеся вблизи конструкции зданий и сооружений. При проектировании фундаментов машин с динамическими нагрузками следует учитывать требования СП 22.13330, СП 24.13330, СП 63.13330, СП 16.13330 и пр. Фундаменты машин с динамическими нагрузками проектируются бетонными или железобетонными монолитными, сборно-монолитными и сборными или металлическими. Для применения металлических фундаментов требуется технико-экономическое сравнение различных вариантов. Использование в конструкциях фундаментов машин бывших в употреблении металлоконструкций не допускается. Класс бетона по прочности на сжатие для монолитных и сборно-монолитных фундаментов должен быть не ниже В12,5, а для сборных - не ниже В15. Для неармированных фундаментов станков допускается применять бетон класса В7,5. В случае одновременного воздействия на фундамент динамической нагрузки и повышенных технологических температур класс бетона должен быть не ниже В15. Фундаменты машин допускается проектировать отдельными под каждую машину (агрегат) или общими под несколько машин (агрегатов). Также допустимыми материалами для фундаментов являются:

- Железобетон (заливка в опалубку)
- Железобетонные блоки (сборки с перевязкой)
- Металл (сборка свайной конструкции с рамным ростверком)
- Железобетон и металл (бетонные сваи, блоки и металлический ростверк)

Фундаменты станков значительно отличаются от фундаментов промышленных и жилых помещений. Суть фундаментов для станков - повысить жёсткость системы «фундамент-станок» для повышения точности обработки, снижения вибраций и гашения динамических нагрузок.

Если нет возможность установить станок на фундамент для устранения негативного воздействия вибрации, которое выражается в сбоях оборудования, ухудшения его работы, снижения точности и даже в разрушении производственных помещений и зданий, применяются виброопоры (например, ОВ-31, ОВ-70).

В большинстве случаев виброопоры ОВ-70 применяются для виброизоляции станков средних размеров с жесткими станинами различной степени точности и другого оборудования и приборов (электрощит распределительный, высокоточное оборудование и т.д.). Виброопоры выполняют следующие функции:

- гашение разрушающих сил вибрации, распространяемых каким-либо оборудованием (активная виброизоляция);
- защита станков, агрегатов, приборов или их отдельных модулей от воздействия вибрации извне (пассивная виброизоляция);
- устранение или снижение воздействия случайных или стационарных колебаний.
- обеспечение регулирования высоты при установке станков по уровню;
- позволяют осуществлять бесфундаментное размещение оборудования на виброопорах, что повышает мобильность станочного парка и улучшает шумоизоляцию, что в конечном итоге приводит к улучшениям темпов производства.

При установке технологического оборудования следует учитывать, что диапазон рабочих нагрузок на одну опору должен располагаться в диапазоне от 50 кг до 500 кг. При изготовлении виброизолирующих опор используются следующие материалы:

- корпус выполнен из углеродистой конструкционной стали не ниже Ст. 3 по ГОСТ 380-88;

- резинометаллический элемент выполнен из смеси резиновой вальцованной III-2А-12Х или III-2В-12Х по ТУ2512-046-00152081-2003

Коллективные виды средств защиты от вибрации считаются предпочтительными, в то время как средства индивидуальной защиты применяются в качестве вспомогательных. К ним относятся: виброзащитные обувь, перчатки со специальными упруго-демпфирующими элементами, поглощающими вибрацию.

#### 5.3.4. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Искусственное освещение должно обеспечивать в помещении освещенность, позволяющую выполнять операции, наладку оборудования без производственных дефектов и травматизма, возникающих по причине недостаточной освещенности. Недостаточная освещенность является вредным фактором при выполнении исследовательских работ, требующих особую точность. При работе в таких условиях сначала происходит перенапряжение глаз, которое впоследствии может вызвать ухудшение зрения. В этом случае требуется привлечение дополнительных источников света, в частности настольных ламп.

В цеху, помимо искусственных источников света, установлены большие окна по всему периметру помещения.

Нормы освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливают в зависимости от характеристики зрительной работы.

Разряды работы	Характер работ, выполняемых в помещении		Нормы к.е.о. в %	
	виды работ, по степени точности	Размер объекта мм	при верхнем и комбинированном освещении	при боковом освещении
1	2	3	4	5

I	Особо точные работы	0,1 и менее	10	3,5
II	Работы высокой точности	Более 0,1 до 0,3	7	2
III	Точные работы	Более 0,3 до 1	5	1,5
IV	Работы малой точности	Более 1 до 10	3	1
V	Грубые работы	Более 10	2	0,5
VI	Работы, требующие общего наблюдения за ходом производственного процесса	-	1	0,25

Для вечернего освещения, помимо потолочных ламп, рабочее место должно быть оборудовано дополнительным источником света. В вечернее время в лабораториях обязательно общее искусственное рабочее освещение, причем расположение светильников должно быть равномерным. Недостаточная освещенность рабочего места не только уменьшает остроту зрения, но и вызывает утомление организма в целом, что приводит к снижению производительности труда и увеличению опасности заболеваний человека. Поэтому с целью обеспечения требуемых норм освещенности необходимо произвести расчет искусственной освещенности. Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока (коэффициента использования), учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен. При работе с персональным компьютером в сочетании с работой с нормативной и технической документацией согласно нормам СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

Световой поток создаваемый каждой из ламп рассчитывается по формуле (2)

$$F = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{n \cdot \eta}, \quad (2)$$

где  $F$  – световой поток одной лампы, лк;

$E$  – минимальная освещенность, лк,  $E = 150$  лк;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>,  $S = 48$  м<sup>2</sup>;

$z$  – поправочный коэффициент,  $z = 1,1$ ;

$k$  – коэффициент запаса,  $k = 1,5$ ;

$\eta$  – коэффициент использования осветителей, %;

$n$  – число светильников в помещении.

Коэффициент  $k$  для помещений, освещаемых люминесцентными лампами, при условии чистки светильников не реже двух раз в год, берется равным от 1,4 до 1,5.

Выбираем лампу ЛД-40, световой поток которой равен  $\Phi_{\text{лд}} = 2300$  Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Коэффициент использования может быть определен по известному индексу помещения ( $i$ ), рассчитанный по выражению (3)

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (3)$$

где  $A$  – длина помещения, м,  $A = 6$  м;

$B$  – ширина помещения, м,  $B = 8$  м.

Для соответствующих размеров аудитории со светлым потолком и стенами, оклеенными светлыми обоями, согласно методическим указаниям, примем коэффициенты отражения от стен  $\rho_c = 50$  % и потолка  $\rho_{\text{п}} = 70$  %.

По формуле (4) определим расчетную высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью ( $h$ ).

$$h = H - h_p - h_c, \quad (4)$$



где  $h_p$  – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м,  $h_p = 0.8$  м;

$h_c$  – расстояние от потолка до светильника, м,  $h_c = 0,1$  м;

$H$  - высота потолка в помещении, м,  $H = 3,5$  м.

Из расчетов следует, что  $h = 2,6$  м, тогда согласно выражению (3)

$$i = \frac{6 \cdot 8}{2,6 \cdot (6 + 8)} = 1.32 \quad (5)$$

По таблице коэффициентов использования светового потока для соответствующих значений  $i$ ,  $\rho_c$  и  $\rho_n$  примем  $\eta = 47\%$ .

Для осуществления проверочного расчета с целью определения того, создает ли существующая система освещенности требуемую освещенность по СНиП 23-05, рассчитаем количество лампочек в помещении, выразив отношение из формулы (2).

$$n = \frac{150 \cdot 48 \cdot 1.1 \cdot 1,5}{2300 \cdot 0,47} \approx 10 \quad (6)$$

Общее число светильников:  $n = 5$ .

Размещаем светильники в 3 ряда.

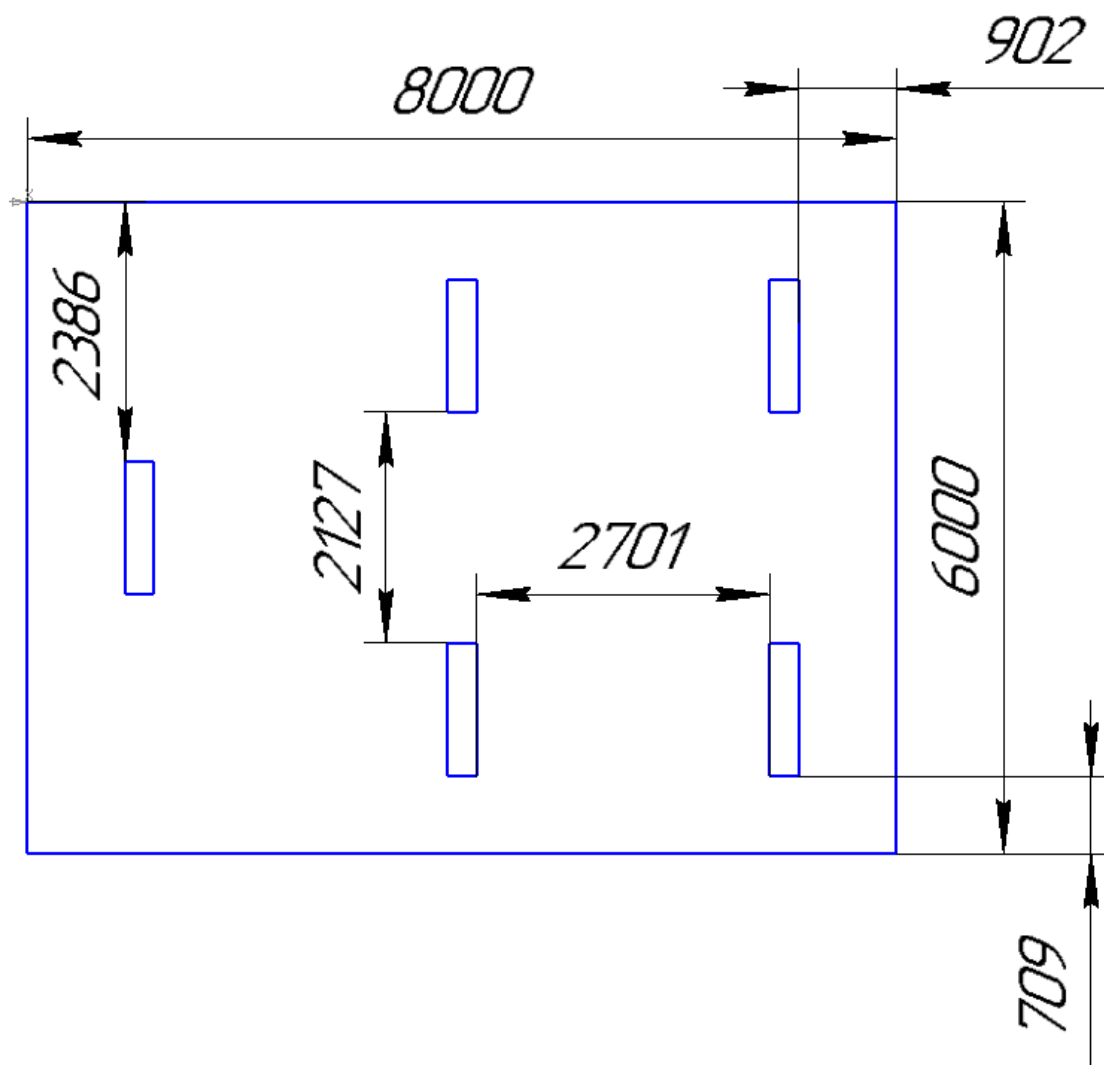


Рисунок 1. План размещения светильников в помещении.

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$\frac{2}{3}L_1 + 2L_1 + 3 \cdot 265 = 8000$$

$$L_1 = 2701$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$\frac{2}{3}L_2 + L_2 + 2 \cdot 1227 = 6000$$

$$L_2 = 2127$$

Расчет светового потока группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_p = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{10 \cdot 0,47} = 2527$$

Проверяем выполнение условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{2300 - 2527}{2300} \cdot 100 \approx -9,8\%$$

$-10\% \leq -9,8\% \leq 20\% \sim$  Условие выполнено.

### 5.3.5. Эмоциональные нагрузки

Эмоциональные нагрузки определяются тремя параметрами:

- степень ответственности за результат собственной деятельности;
- степень риска для собственной жизни;
- ответственностью за безопасность других лиц.

Практика аттестации рабочих мест показывает, что оценка всех трех параметров происходит в соответствии с профессией без каких-либо дополнительных измерений, что в данном случае является наилучшим выбором, чем проведение крайне субъективных оценок непрофильными специалистами. Проблема эмоциональных нагрузок не может исчерпываться тремя показателями и требует профессиональных методик оценки, которые должны разрабатываться специалистами в области социальной психологии, психологии труда, психологии мотивации и эмоций и т.д., а не гигиенистами, как это было сделано при разработке гигиенических критериев.

Степень ответственности за результат собственной деятельности, значимость ошибки указывает, в какой мере работник может влиять на результат собственного труда при различных уровнях сложности осуществляемой деятельности. С возрастанием сложности повышается степень ответственности,

поскольку ошибочные действия приводят к дополнительным усилиям со стороны работника или целого коллектива, что соответственно приводит к увеличению эмоционального напряжения.

По данному показателю оценивается ответственность работника за качество элементов заданий вспомогательных работ, основной работы или конечной продукции. Например, для оператора станка с ЧПУ конечной продукцией являются изготовленные им детали, для мастера токарного участка - все детали, изготовленные на этом участке, а для начальника механического цеха - работа всего цеха.

Степенью риска для собственной жизни и ответственностью за безопасность других лиц в случае с оператором станка с ЧПУ можно пренебречь, так как станки подобного рода жёстко ограничены в функциональности при наличии неисправности станка. Обработка деталей не начнётся до тех пор, пока не будет закрыта защитная дверь, которая и будет являться гарантом собственной безопасности и безопасности окружающих.

#### 5.4. Анализ выявленных опасных факторов

К опасным производственным факторам, для оператора станка с ЧПУ, относятся, как уже было указано:

- Нагрев обрабатываемых поверхностей;
- Электрический ток;
- Движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки и материалы;

В процессе резания металла, он нагревается до высоких температур (200-600°C), большая часть тепла (50-80%) отводится стружкой, однако, при постоянном воздействии резца на заготовку, она разогревается до температур, которые при кратковременном воздействии могут причинить вред человеку (ожог).

Во избежание получения термических травм, рекомендуется использовать специальные приспособления для транспортировки только что обработанных деталей, а так же применять смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Основы безопасности и требования при работе с движущимися частями машин приводятся в ГОСТ 7599-82.

### 5.5. Электробезопасность

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Лаборатория относится к II классу электроопасности - помещению с повышенной опасностью, которая характеризуется наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой. Токарный обрабатывающий центр Goodway и DMU работают в сети с напряжением 380 В.

В лаборатории применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте. Станки и оборудование оснащены заземлителями. Защитное заземление или зануление должно обеспечивать защиту людей от по-

поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции.  $R_{\text{зав.}} < 4 \text{ Ом}$ .

А так же должно быть соблюдено безопасное напряжение и безопасная величина тока для человека.  $U=36 \text{ В}$ ,  $I=0.1 \text{ А}$ .

Средствами индивидуальной защиты от поражения электрическим током являются инструменты с ручками из изолирующего материала, специальные перчатки и обувь, а также дорожки и коврики.

## 5.6. Пожарная безопасность

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Категория помещения	Хар-ка веществ и материалов, находящихся в помещении
<b>А</b> — повышенная взрывопожароопасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.
<b>Б</b> — взрывопожароопасность	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.

<b>В1 — В4 — пожароопасность</b>	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории <b>А</b> или <b>Б</b> .
<b>Г — умеренная пожароопасность</b>	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.
<b>Д — пониженная пожароопасность</b>	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Пожарная профилактика — комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара. Успех борьбы с пожаром во многом зависит от его своевременного обнаружения и быстрого принятия мер по его ограничению и ликвидации.

Помещение, в котором осуществляется процесс изготовления изделия, по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории **Д**: негорючие вещества и материалы находятся в холодном состоянии.

Тем не менее, никогда не стоит забывать об опасности возникновения пожара. Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения;
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;

- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

В зависимости от своего прямого назначения и предполагаемого класса пожара все огнетушители условно можно разделить на пять видов:

1. Жидкостные, или водные виды огнетушителей представляют собой противопожарные средства, предназначенные для тушения пожаров класса А (возгорание твердых веществ) и Б (горение жидких веществ). Они имеют вид баллонов с маркировкой «ОВ» и содержат воду или раствор на водной основе, в состав которой входят химически активные вещества.
2. Порошковые устройства - это универсальные виды применяемых огнетушителей, которые можно смело использовать при тушении почти всех классов пожаров: А, Б, В (возгорание газообразных веществ) Они имеют установленную маркировку «ОП»
3. Газовые или углекислотные приспособления – это большая группа устройств, имеющих одну общую маркировку «ОУ». К ней относятся следующие виды огнетушителей:
  - аэрозольные;
  - углекислотно-бром-этиловые.
4. Огнетушители типа ОВП – это приборы, которые используются для подавления очагов возгорания материалов, склонных к длительному тлению, например, бумаги, угля, дерева и пластмассы. Кроме того, с помощью таких огнетушителей можно потушить пламя, возникшее на жидкостях, имеющих масляную основу, к примеру, нефть, масла и краски.
5. Огнетушители типа ОВЭ – устройства, созданные для тушения пожаров классов А, Б и В. Веществом тушения в таких устройствах выступает вода с некоторым количеством добавок. С помощью таких огнетушителей нельзя потушить возгорания, связанные с газообразными веществами



(пропаном, аммиаком, бытовым газом), щелочноземельными металлами и горением хлопка и пироксилина.

В помещении необходимо иметь 2 огнетушителя марки ОП-5, исходя из размеров помещения, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить помещение. Огнетушители должны всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезаряжаться. Желательно помещать на стенах инструкции по пожарной безопасности и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации.

На рисунке 2 представлен план эвакуации аудитории 103, где планируется изготавливать части манипулятора.

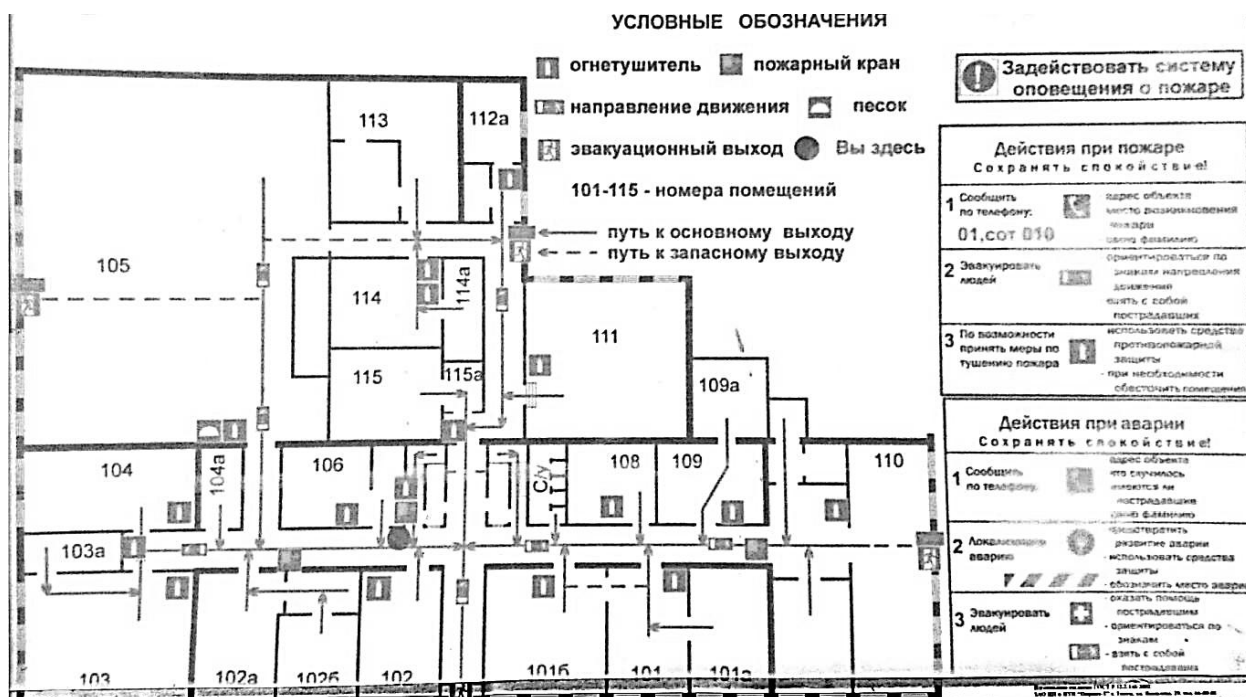


Рисунок 2. План эвакуации из аудитории 103

## 5.7. Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через как можно более полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование ресурсов природы, а также их восстановление и улучшение природных условий. С развитием промышленности вред, который может быть нанесён окружающей среде, увеличивается, поэтому задача по охране окружающей среды должна быть приоритетна для всех, без исключения, компаний.

При написании данной выпускной квалификационной работы не было использовано токсичных и радиоактивных материалов, а также материалов, подлежащих особым условиям утилизации. Однако, с целью рационализации использования природных ресурсов (металл, СОЖ), рекомендуется:

- Пакетировать стружку по маркам, сдавая её в последующем на переработку;
- Очищать СОЖ для повторного использования.

Для утилизации отходов в отрасли машиностроения используется сортировка отходов и их последующее использование. Это достаточно эффективный способ переработки, так как создается практически безотходное производство, которое не загрязняет окружающую среду.

При проведении в цеху экспериментов для квалификационной работы вредных выбросов в атмосферу, почву и водные источники не производилось, чрезвычайные ситуации не наблюдались, существенных воздействий на окружающую среду не производилось.

## 5.8. Защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС)

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Так как г. Томск расположен в Сибири, где температура зимой опускается для опасных для человека морозов, существует риск чрезвычайной ситуации природного характера. Природная чрезвычайная ситуация — обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате источника чрезвычайной ситуации, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Для того, чтобы устранить полностью или снизить ущерб от различных возможных чрезвычайных ситуаций, проводятся профилактические мероприятия, поэтому при аварии на:

- Водоканале: следует обеспечить подвоз питьевой и технической воды рабочим, если нет возможности прервать технологический цикл изготовления деталей. Также в цеху рекомендуется иметь запас питьевой воды из расчёта 2 л/чел. в смену.
- Теплотрассе: предусмотреть обогреватели помещения, работающие от электрической сети, а также СИЗ (тёплая одежда, перчатки, шапки).
- Электросетях: следует обеспечить генератором (бензиновым или дизельным), который сможет производить ток требуемой мощности. Так же для профилактики рекомендуется:

1) Снабжение предприятия, учреждения, населенного пункта с двух направлений, от независимых энергоисточников. Это значительно повышает надежность, так как одновременный выход из строя двух линий передачи электроэнергии (при закольцованности) менее вероятен;

2) замена воздушных линий на кабельные подземные;

- Transporte: предприятие, зная механизм образования зимней скользкости, обязано не только ликвидировать ее при обнаружении в установленные сроки, но и проводить профилактические мероприятия при наличии прогноза погодных условий, являющихся причиной образования зимней скользкости на дорогах, в том числе применять меры реагирования по ее устранению после окончания выпадения осадков, не дожидаясь сообщений со стороны третьих лиц.

Другой вариант чрезвычайной ситуации – это возможная диверсия. Так как манипулятор является уникальной разработкой, то технология её изготовления представляет большую ценность. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположений помещений и оборудования в помещениях, сигнализаторах, их местах установки и количестве.

## 5.9. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда

Для рабочих должны проводиться мероприятия по вопросам обеспечения безопасного труда. В систему таких мероприятий должны входить:

- постоянное совершенствование технологических процессов и оборудования с целью устранить и предотвратить возможность появления производственных вредностей;

- переход от ручной работы к механизированной;

- безусловное соблюдение технологических режимов, строгий контроль за их исполнением;

- знание и соблюдение техники безопасности;

- безусловное соблюдение режимов труда и отдыха, правильная организация рабочего места;
- постоянный контроль за состоянием воздушной среды производственных помещений (соблюдение норм предельно допустимого количества абразива в воздухе и паров химических веществ);
- регулярные медицинские осмотры;
- соблюдение требований безопасности труда к освещенности помещения, отоплению, вентиляции (система вытяжной вентиляции), кондиционированию воздуха;
- соблюдение норм допустимой концентрации вредных веществ в воздухе;
- доступ к системе водоснабжения, сан.узлу;
- регламентированные перерывы в работе на обед и на отдых;
- оборудованное помещение для отдыха работников, оснащенное необходимой мебелью (стулья, кресла, столы, холодильник, микроволновая печь, электрический чайник);
- доступ к питьевой воде.

Деятельность рабочего и используемого им оборудования, а также окружающей его рабочей среды должна регламентироваться требованиями следующих нормативно-правовых документов:

- ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности.
- ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
- СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
- СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

- ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
- ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
- ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности.
- СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха.
- ГОСТ 30775-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
- СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
- СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
- ТОИ Р-15-050-97. Типовая инструкция по охране труда для станочников металлообрабатывающих станков (токарные, фрезерные, сверлильные, строгальные, шлифовальные, заточные станки).
- ГОСТ 7599-82. Станки металлообрабатывающие. Общие технические условия.

## Список литературы

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
3. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Том 2. – Л.: Машиностроение, 1983. – 448 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
5. Штучный Б.П. Механическая обработка пластмасс: Справочник.-2-е изд., перераб. и доп.-М.:Машиностроение,1987.-152с.,ил.
6. «Пласт ПСК», Программа поставок ERTACETAL C [Электронный ресурс],- [http://plastpsk.ru/pom\\_p2.html](http://plastpsk.ru/pom_p2.html).
7. ГОСТ 10902-77. Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Средняя серия. Основные размеры.
8. ООО Рубикон. Иллюстрированные каталоги, справочники, базы данных по металлорежущим станкам и кузнечнопрессовому оборудованию: 16K20Ф3 Станок токарный с ЧПУ. Схемы, описание, характеристики. [Электронный ресурс],- [http://stanki-katalog.ru/sprav\\_16k20f3.htm](http://stanki-katalog.ru/sprav_16k20f3.htm).
9. Компания «Абамет». Каталог оборудования. Металлорежущие станки. Вертикально-фрезерные центры с ЧПУ: Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Haas VF-3. [Электронный ресурс],- <http://www.abamet.ru/catalog/metallorezhushhie/frezernye-chpu/v-obrabatyvajushhie-centry/haas-vf-3/>.
10. ГОСТ 14952-75. Сверла центровочные комбинированные. Технические условия.

11. ГОСТ 32831-2014. Фрезы концевые с цилиндрическим, коническим хвостовиком и хвостовиком конусностью 7:24. Размеры.

12. ГОСТ 886-77. Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Длинная серия. Основные размеры.

13. ГОСТ 3266-81. Метчики машинные и ручные. Конструкция и размеры.

14. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 15.03.01 «Машиностроение» / сост. В.Ю. Конотопский; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 22 с.

15. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. С.В. Романенко, Ю.В. Анищенко – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 11 с.



## Приложение А

Раздел на иностранном языке  
Design of manipulator for underwater robot

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ61	Абызов Никита Олегович		

Консультант отделения материаловедения ИШНПТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	к.т.н. доцент		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пичугова И.Л.			

**Design of manipulator for underwater robot**

## Introduction

Being seen from space, our planet's surface appears to be dominated by the color blue. The Earth appears blue because the oceans dominate the surface. Oceans cover approximately 70.8% or 361 million square kilometers of Earth's surface with a volume of about 1370 million cubic kilometers. The average depth of these extensive bodies of seawater is about 3.8 kilometers. Maximum depths can exceed 10 kilometers in a number of areas known as ocean trenches. The oceans contain 97% of our planet's available water. The other 3% is found in the atmosphere, on the Earth's terrestrial surface, or in the Earth's lithosphere in various forms. The very fact of this attracts scientists to study, research and find practical application of hydrosphere functions for human life [2].

Currently, a large amount of work is underway in the world to investigate the sea and ocean floor, to detect sunken objects and to raise them, to control the pipelines laid along the bottom. The number of these pipelines has been steadily increasing, the development of oil fields in the shelf zone is being intensified, so monitoring the overall state of the network is an urgent problem, the solution of which is related to the design of the newest mechanical systems capable of moving under water instruments for monitoring the condition of pipes providing reliable operation with sufficient positioning accuracy.

The most relevant areas of application of the underwater robot with a manipulator:

- 1) Survey-search operations, including search and inspection of flooded objects, inspection of underwater structures and communications (pipelines, water pipes, cables);
- 2) Subglacial work, including cable routing on the Arctic bottom, maintenance of surveillance and lighting systems in the ice region;

3) Oceanographic research, monitoring of the aquatic environment;

4) Military works, including, in particular, anti-boat reconnaissance, patrolling, security of military equipment, search and clearance of mines.

Trends in the development of underwater robots go to the use of universal robotic complexes, created with the use of simple, small and cheap units. In this case, the manipulator is considered as the most important component of the underwater robot.

Underwater manipulators represent part of a vast family of industrial robots. They are installed on inhabited and uninhabited submarines, jack-up platforms, well-head equipment for offshore wells.

Taken together of the manipulator and underwater vehicle, the underwater Robot Apparatus is born. Up to 80% of inhabited submarines and 50% of uninhabited are armed with at least one manipulator, and significant parts of them have two or more manipulators.

In connection with the problem of automation of various production processes due to inaccessibility and dangers to man, the problem of automatic orientation (manipulation) of the working organ, product or tool is solved. This fully applies to a number of work under water, which explains the widespread introduction of manipulators in underwater technology and underwater technology.

## **Manipulator structures [1]**

The fundamental structure of the manipulator is the open kinematic chain. From a topological viewpoint, a kinematic chain is termed open when there is only one sequence of links. Alternatively, a manipulator contains a closed kinematic chain when a sequence of links forms a loop. Manipulator's mobility is ensured by

the presence of joints. The articulation between two consecutive links can be realized by means of either a prismatic or a revolute joint. In an open kinematic chain, each prismatic or revolute joint provides the structure with a single degree of mobility. A prismatic joint realizes a relative translational motion between the two links, whereas a revolute joint realizes a relative rotational motion between the two links. Revolute joints are usually preferred to prismatic joints in view of their compactness and reliability. On the other hand, in a closed kinematic chain, the number of degrees of mobility is less than the number of joints in view of the constraints imposed by the loop.

Manipulator's mobility is ensured by the presence of joints. The articulation between two consecutive links can be realized by means of either a prismatic or a revolute joint. In an open kinematic chain, each prismatic or revolute joint provides the structure with a single degree of mobility. A prismatic joint realizes a relative translational motion between the two links, whereas a revolute joint realizes a relative rotational motion between the two links. Revolute joints are usually preferred to prismatic joints in view of their compactness and reliability. On the other hand, in a closed kinematic chain, the number of degrees of mobility is less than the number of joints in view of the constraints imposed by the loop.

The degrees of mobility shall be properly distributed along the mechanical structure in order to provide the degrees of freedom required for the execution of a given task. Typically, each joint providing a degree of mobility is actuated. In the most general case of a task consisting of arbitrarily positioning and orienting an object in the three dimensional space, six are the required degrees of freedom, three for positioning a point on the object and three for orienting the object with respect to a reference coordinate frame. If more degrees of mobility than degrees of freedom are available, the manipulator is said to be kinematically redundant.

The workspace represents that portion of the environment the manipulator's end effector can access. Its shape and volume depend on the manipulator structure as well as on the presence of mechanical joint limits.

The task required of the arm is to position the wrist, which then is required to orient the end effector; at least three degrees of mobility are then necessary in the three-dimensional workspace. The type and sequence of the arm's degrees of mobility, starting from the base joint, allows classifying manipulators as: Cartesian, cylindrical, spherical, SCARA, and anthropomorphic.

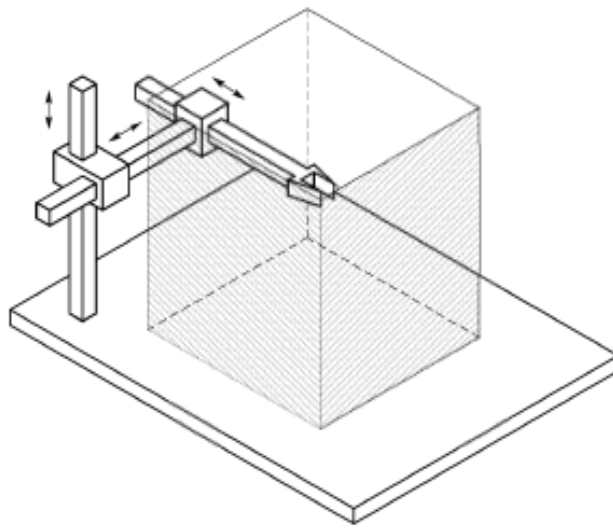


Figure 1.1 Cartesian manipulator and its workspace

The Cartesian geometry is realized by three prismatic joints whose axes typically are mutually orthogonal (Figure 1.1). In view of the simple geometry, each degree of mobility corresponds to a degree of freedom in the Cartesian space and thus it is natural to perform straight motions in space. The Cartesian structure offers very good mechanical stiffness. Wrist positioning accuracy is constant everywhere in the workspace. This is the volume enclosed by a rectangular parallelepiped (Figure 1.1). As opposed to high accuracy, the structure has low dexterity since all the joints are prismatic. The approach to manipulate an object is sideways. On the other hand, if it is desired to approach an object from the top, the Cartesian manipulator can be realized by a gantry structure as illustrated in Figure 1.2. Such a structure

allows obtaining a large volume workspace and manipulating objects of gross dimensions and weight. Cartesian manipulators are employed for material handling and assembly. The motors actuating the joints of a Cartesian manipulator are typically electric and occasionally pneumatic.

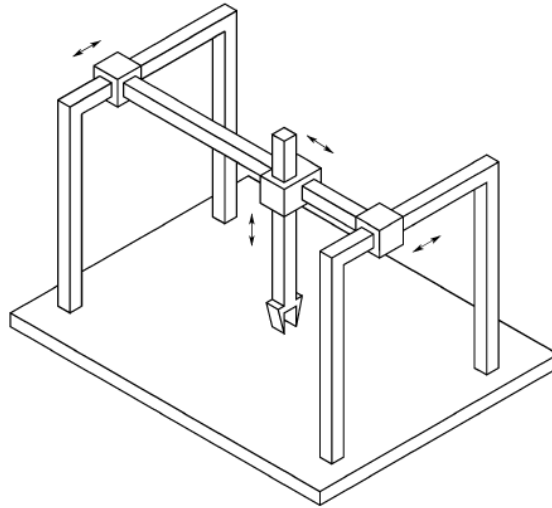


Figure 1.2 Gantry manipulator.

The cylindrical geometry differs from the Cartesian one in that the first prismatic joint is replaced with a revolute joint (Figure 1.3). If the task is described in cylindrical coordinates, also in this case each degree of mobility corresponds to a degree of freedom. The cylindrical structure offers good mechanical stiffness. Wrist positioning accuracy decreases as the horizontal stroke increases. The workspace is a portion of a hollow cylinder (Figure 1.3). The horizontal prismatic joint makes the wrist of a cylindrical manipulator suitable to access horizontal cavities. Cylindrical manipulators are mainly employed for carrying objects even of gross dimensions; in such a case, the use of hydraulic motors is to be preferred to that of electric motors.

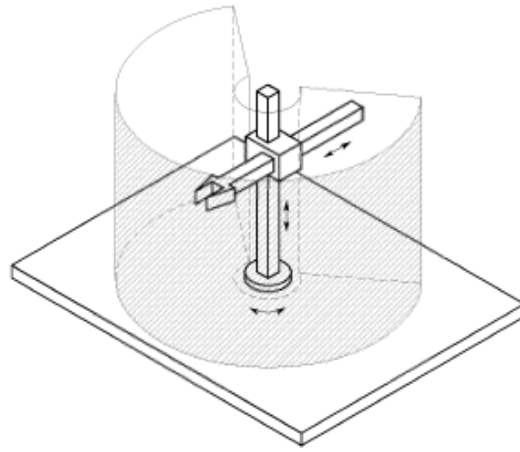


Figure 1.3 Cylindrical manipulator and its workspace

The spherical manipulator differs from the cylindrical one in that the second prismatic joint is replaced with a revolute joint (Figure 1.4). Each degree of mobility corresponds to a degree of freedom only if the task is described in spherical coordinates. Mechanical stiffness is lower than the above two geometries and mechanical construction is more complex. Wrist positioning accuracy decreases as the radial stroke increases. The workspace is a portion of a hollow sphere (Figure 1.4); it can include also the supporting base of the manipulator and thus it can allow manipulation of objects on the floor. Spherical manipulators are mainly employed for machining. Electric motors are typically used to actuate the joints.

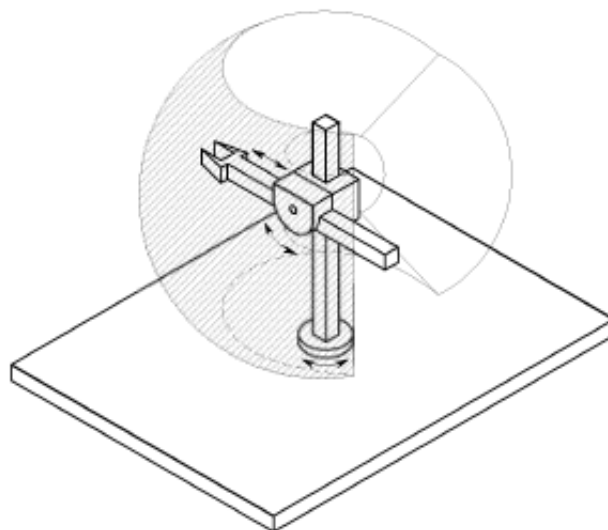


Figure 1.4 Spherical manipulator and its workspace

A special geometry is the SCARA geometry that can be realized by disposing two revolute joints and one prismatic joint in such a way that all the axes of motion are parallel (Figure 1.5). The acronym SCARA stands for Selective Compliance Assembly Robot Arm and characterizes the mechanical features of a structure offering high stiffness to vertical loads and compliance to horizontal loads. As such, the SCARA structure is congenial to vertical assembly tasks. The correspondence between the degrees of mobility and the degrees of freedom is maintained only for the vertical component of a task described in Cartesian coordinates. Wrist positioning accuracy decreases as the distance of the wrist from the first joint axis increases. The typical workspace is illustrated in Figure 1.5. The SCARA manipulator is suitable for manipulation of small objects; joints are actuated by electric motors.

The anthropomorphic geometry is realized by three revolute joints; the revolute axis of the first joint is orthogonal to the axes of the other two which are parallel (Figure 1.6). By virtue of its similarity with the human arm, the second joint is called the shoulder joint and the third joint is called the elbow joint since it connects the "arm" with the "forearm." The anthropomorphic structure is the most dexterous one, since all the joints are revolute. On the other hand, the correspondence between the degrees of mobility and the degrees of freedom is lost and wrist positioning accuracy varies inside the workspace. This is approximately

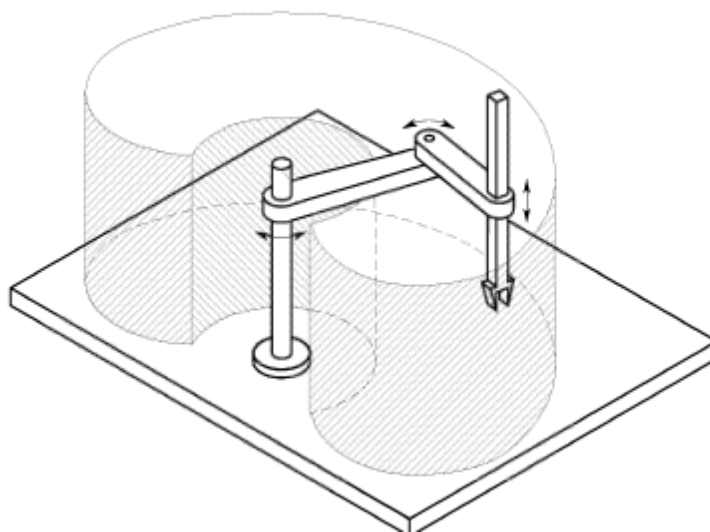


Figure 1.5 SCARA manipulator and its workspace



a portion of a sphere (Figure 1.6) and its volume is large compared to manipulator encumbrance. Joints are typically actuated by electric motors. The range of industrial applications of anthropomorphic manipulators is wide.

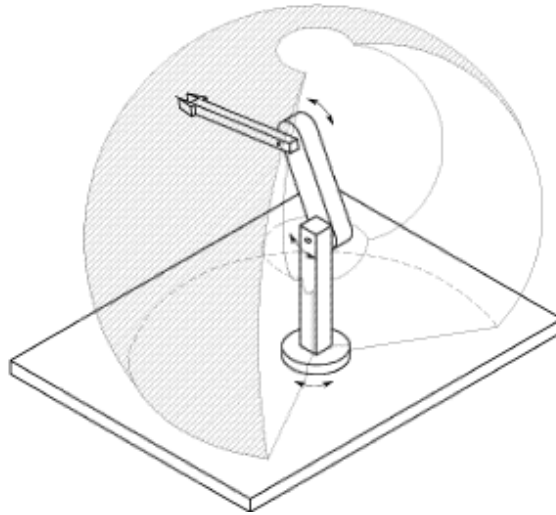


Figure 1.6 Anthropomorphic manipulator and its workspace

All the above manipulators have an open kinematic chain structure. Whenever larger payloads are to be manipulated, the mechanical structure shall have higher stiffness to guarantee comparable positioning accuracy. In this case, one has to resort to structures having closed kinematic chains. For instance, sometimes a parallelogram design is adopted between the shoulder and elbow joints of the arm for an anthropomorphic structure, thus creating a closed kinematic chain; nonetheless, a substantial kinematic equivalence with the open chain can be shown.

The manipulator structures presented above are required to position the wrist which then is required to orient the manipulator's end effector. If arbitrary orientation in the three-dimensional space is desired, the wrist must possess at least three degrees of mobility provided by revolute joints. Since the wrist constitutes the terminal part of the manipulator, it has to be compact; this often complicates its mechanical design. Without entering into construction details, the realization endowing the wrist with the highest dexterity is one where the three revolute axes intersect at

a single point. In such a case, the wrist is called a spherical wrist, as represented in Figure 1.7. The key feature of a spherical wrist is the decoupling between position and orientation of the end effector; the arm is entrusted with the task of positioning the above point of intersection, whereas the wrist determines the end-effector orientation. Those realizations where the wrist is not spherical are simpler from a mechanical viewpoint, but position and orientation are coupled, and this complicates the coordination between the motion of the arm and that of the wrist to perform a given task.

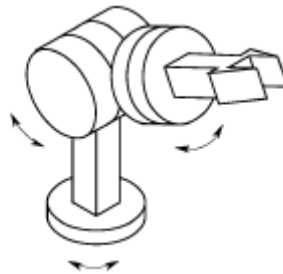


Figure 1.7 Spherical wrist

The end effector is specified according to the task the robot shall execute. For example, for material handling tasks, a gripper of proper shape and dimensions determined by the object to grasp constitutes the end effector. For machining and assembly tasks, the end effector is a tool or a specialized device.

The versatility and flexibility of a robot manipulator shall not induce the conviction that all mechanical structures are equivalent for the execution of a given task. The choice of a robot is indeed conditioned by the application, which sets constraints on the workspace dimensions and shape, the maximum payload, positioning accuracy, and dynamic performance of the manipulator.

## Modelling [1]

Kinematic analysis of a manipulator structure concerns the description of the manipulator motion with respect to a fixed reference Cartesian frame by ignoring the forces and moments that cause motion of the structure. It is meaningful to distinguish between kinematics and differential kinematics. Kinematics describes the analytical relationship between the joint positions and the end-effector position and orientation. Differential kinematics describes the analytical relationship between the joint motion and the end-effector motion in terms of velocities.

The formulation of the kinematics relationship allows studying two key problems of robotics; namely, the direct kinematics problem and the inverse kinematics problem. The former concerns the determination of a systematic, general method to describe the end-effector motion as a function of the joint motion by means of linear algebra tools. The latter concerns the inverse problem; its solution is of fundamental importance to transform the desired motion naturally prescribed to the end effector in the workspace into the corresponding joint motion.

The availability of a manipulator's kinematic model is useful also to determine the relationship between the forces and torques applied to the joints and the forces and moments applied to the end effector in static equilibrium configurations.

Kinematics of a manipulator represents the basis of a systematic, general derivation of its dynamics, i.e., the equations of motion of the manipulator as a function of the forces and moments acting on it. The availability of the dynamic model is very useful for mechanical design of the structure, choice of actuators, determination of control strategies, and computer simulation of manipulator motion.

## **Control [1]**

With reference to the tasks assigned to a manipulator, the issue is whether to specify the motion at the joints or directly at the end effector. In material handling tasks, it is sufficient to assign only the pick-up and release locations of an object (point-to-point motion), whereas, in machining tasks, the end effector has to follow a desired trajectory (path motion). The goal of trajectory planning is to generate the time laws for the relevant variables (joint or end-effector) starting from a concise description of the desired motion.

The trajectories generated constitute the reference inputs to the motion control system of the mechanical structure. The problem of manipulator control is to find the time behavior of the forces and torques to be delivered by the joint actuators so as to ensure the execution of the reference trajectories. This problem is quite complex, since a manipulator is an articulated system and, as such, the motion of one link influences the motion of the others. Manipulator equations of motion indeed reveal the presence of coupling dynamic effects among the joints, except in the case of a Cartesian structure with mutually orthogonal axes. The synthesis of the joint forces and torques cannot be made on the basis of the sole knowledge of the dynamic model, since this does not completely describe the real structure. Therefore, manipulator control is entrusted to the closure of feedback loops; by computing the deviation between the reference inputs and the data provided by the proprioceptive sensors, a feedback control system is capable to satisfy accuracy requirements on the execution of the prescribed trajectories.

If a manipulation task requires interaction between the end effector and the environment, the control problem is further complicated by observing that besides the (constrained) motion, also the contact forces have to be controlled.

Realization of the motion specified by the control law requires the employment of actuators and sensors.

## **Kinematics [1]**

A manipulator can be schematically represented from a mechanical viewpoint as a kinematic chain of rigid bodies (links) connected by means of revolute or prismatic joints. One end of the chain is constrained to a base, while an end effector is mounted to the other end. The resulting motion of the structure is obtained by composition of the elementary motions of each link with respect to the previous one. Therefore, in order to manipulate an object in space, it is necessary to describe the end-effector position and orientation. This chapter is dedicated to the derivation of the direct kinematics equation through a systematic, general approach based on linear algebra. This allows the end-effector position and orientation to be expressed as a function of the joint variables of the mechanical structure with respect to a reference frame. Both open-chain and closed-chain kinematic structures are considered. With reference to a minimal representation of orientation, the concept of operational space is introduced and its relationship with the joint space is established. Furthermore, a calibration technique of the manipulator kinematic parameters is presented. The chapter ends with the derivation of solutions to the inverse kinematics problem, which consists of the determination of the joint variables corresponding to a given end-effector configuration.

## **Motion control [1]**

Several techniques can be employed for controlling a manipulator. The technique followed, as well as the way it is implemented, may have a significant influence on the manipulator performance and then on the possible range of applications. For instance, the need for trajectory tracking control in the operational space may lead to hardware/software implementations which differ from those allowing point-to-point control where only reaching of the final position is of concern.

On the other hand, the manipulator mechanical design has an influence on the kind of control scheme utilized. For instance, the control problem of a Cartesian manipulator is substantially different from that of an anthropomorphic manipulator.

The driving system of the joints has also an effect on the type of control strategy used. If a manipulator is actuated by electric motors with reduction gears of high ratios, the presence of gears tends to linearize system dynamics and thus to decouple the joints in view of the reduction of nonlinearity effects. The price to pay, however, is the occurrence of joint friction, elasticity and backlash that may limit system performance more than it is due to configuration-dependent inertia, Coriolis and centrifugal forces, and so forth. On the other hand, a robot actuated with direct drives eliminates the drawbacks due to friction, elasticity and backlash but the weight of nonlinearities and couplings between the joints becomes relevant. As a consequence, different control strategies have to be thought of to obtain high performance.

Without any concern to the specific type of mechanical manipulator, it is worth remarking that task specification (end-effector motion and forces) is usually carried out in the operational space, whereas control actions (joint actuator generalized forces) are performed in the joint space. This fact naturally leads to considering two kinds of general control schemes; namely, a joint space control scheme (Figure 5.1) and an operational space control scheme (Figure 5.2). In both schemes, the control structure has closed loops to exploit the good features provided by feedback, robustness to modelling uncertainties and reduction of disturbance effects. In general terms, the following considerations shall be made.

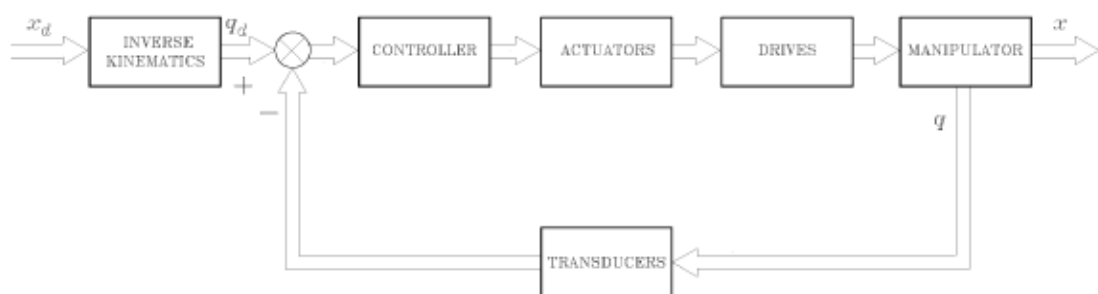


Figure 5.1 General scheme of join space control [1]

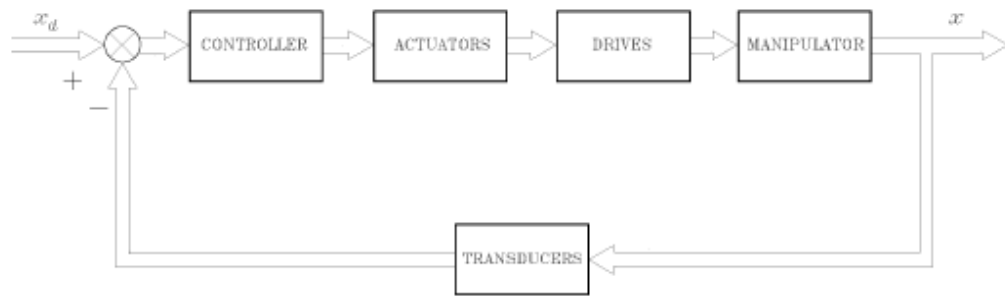


Figure 5.2 General scheme of operational space control [1]

## Conclusion

Objectives of the project: capture of the object, its retention and rotation in the vertical plane. After the study of the text above, a cylindrical kinematic scheme with two degrees of freedom was chosen. Because this structure provides good mechanical rigidity. The result of simulation of the kinematic scheme of the manipulator is the state of force calculations necessary for the choice of the drive. The pneumatic cylinder is chosen as the main drive due to its simplicity of construction and operation.

The result of this work is the availability of technologies for the assembly of manipulators and production technologies for individual parts of structures.

## References

1. L., Sciavicco and B. Siciliano. 'Modelling and control of robot manipulators' ISBN 978-1-85233-221-1

2. Pidwirny, Michael (2006-02-02). 'Surface area of our planet covered by oceans and continents.' (University of British Columbia, Okana-gan).